

Volume 2 |

**Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa**

Cartografia e Geoprocessamento





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

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

Volume 2

Rodrigo Silva da Conceição
Vivian Castilho da Costa

Cartografia e Geoprocessamento



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério da
Educação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Apoio:



FAPERJ

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

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua da Ajuda, 5 – Centro – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20040-000

Tel.: (21) 2333-1112 Fax: (21) 2333-1116

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-presidente

Masako Oya Masuda

Coordenação do Curso de Turismo

UFRRJ - William Domingues

UNIRIO - Camila Moraes

CEFET - Claudia Fragelli

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Rodrigo Silva da Conceição

Vivian Castilho da Costa

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

SUPERVISÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Miguel Siano da Cunha

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Heitor Soares de Farias

Jorge Amaral

Paulo Alves

AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Thaís de Siervi

Departamento de Produção

EDITOR

Fábio Rapello Alencar

COORDENAÇÃO DE REVISÃO

Cristina Freixinho

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Beatriz Fontes

Carolina Godoi

Cristina Freixinho

Elaine Bayma

Renata Lauria

Thelenayce Ribeiro

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Ronaldo d'Aguiar Silva

DIRETOR DE ARTE

Alexandre d'Oliveira

PROGRAMAÇÃO VISUAL

André Guimarães de Souza

ILUSTRAÇÃO

Jefferson Caçador

CAPA

Sami Souza

PRODUÇÃO GRÁFICA

Verônica Paranhos

Copyright © 2011, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

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

C744c

Conceição, Rodrigo Silva da.

Cartografia e geoprocessamento. v. 2/ Rodrigo Silva da Conceição, Vivian Castilho da Costa. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013. 264p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 978-85-7648-778-4

1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento remoto. 3. Sensores orbitais. 4. Sistema de Informação Geográfica. I. Costa, Vivian Castilho da.

CDD 551.41

Referências Bibliográficas e catalogação na fonte, de acordo com as normas da ABNT e AACR2.
Texto revisado segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Gustavo Reis Ferreira

Universidades Consorciadas

**CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA**
Diretor-geral: Carlos Henrique Figueiredo Alves

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Silvério de Paiva Freitas

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Vieiralves de Castro

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Carlos Levi

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Ana Maria Dantas Soares

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Luiz Pedro San Gil Jutuca

SUMÁRIO

Aula 11 – Sensoriamento remoto: o que é, para que serve e como surgiu?	7
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 12 – Os tipos de sensores orbitais e suas aplicações	29
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 13 – As imagens de satélite: interpretando o espaço terrestre	63
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 14 – Técnicas de uso do GPS (<i>Global Positioning System</i>) e suas aplicações no turismo	99
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 15 – Sistemas GNSS e seus segmentos (histórico e tipologias)	129
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 16 – Fundamentos de geoprocessamento	153
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 17 – Conceitos básicos de Sistema de Informação Geográfica – SIG	171
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 18 – Armazenamento de dados em SIG: o que é banco de dados?	193
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 19 – Formatos de representação e estruturas de dados espaciais	215
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Aula 20 – Aquisição e entrada de dados aplicados ao turismo	235
<i>Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa</i>	
Referências	257

11

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

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

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

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser 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 da 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 satélites (sensores orbitais) ou a bordo de aviões (câmeras fotográficas).

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.



Satélite é todo objeto que gira em torno de outro objeto e é 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, como o próprio nome diz, 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 que ele se desloca no espaço (dependendo da altitude de sua órbita) possibilitam isso. É colocado em órbita por intermédio de um foguete.

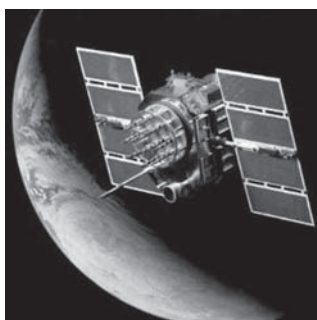


Figura 11.1: Satélite artificial NAVSTAR-2.

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

O sensoriamento remoto, portanto, é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre por intermédio da captação e 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 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.



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 autossuficiência 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.

Fonte: Florenzano, 2008.

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 forma de sinal elétrico, o que possibilita transmissões a 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

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 comprimento de onda das ondas eletromagnéticas pode-se definir um espectro com várias zonas (podendo haver alguma sobreposição entre elas).

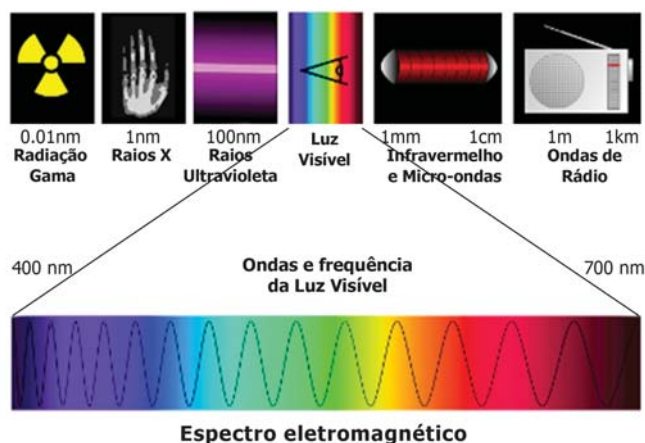


Figura 11.2: Espectro eletromagnético.

Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Spectre.svg>>. Adaptado por Vivian Costa.

- 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**.

A Espectrorradiometria

pode ser definida como a técnica de sensoriamento remoto utilizada na avaliação das quantidades de energia radiante provenientes 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.).



Figura 11.3: Espectrorradiômetro portátil sendo utilizado para a agricultura.

Fonte: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>

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.

O termo "**radar**" vem do inglês *radio detection and ranging* (detecção e telemetria pelo rádio) e é um dispositivo que permite detectar objetos a longas distâncias (reflexão por meio das ondas eletromagnéticas refletidas na frequência de micro-ondas) e determinar a sua localização.

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.

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.

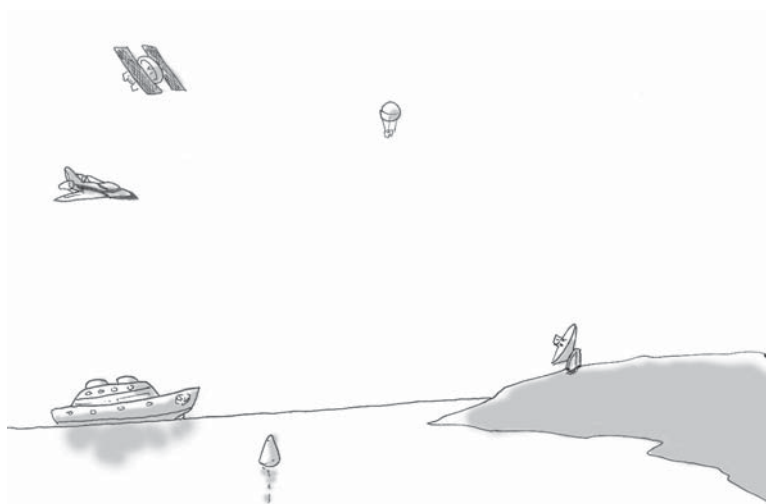


Figura 11.4: Diferentes níveis de coleta de dados em sensoriamento remoto: terrestre (a poucos metros da superfície ou do solo, como boias e embarcações), aéreo (aeronave, helicópteros) e orbital (balões meteorológicos e satélites).

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



Atividade

Atende ao Objetivo 1

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 registro da energia refletida ou emitida pelos objetos terrestres por meio 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 o caráter multi e interdisciplinar dessa área das geotecnologias.

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** em 1839 e em 1840 já faziam uso da fotografia para os primeiros levantamentos topográficos (você aprendeu sobre topografia na Aula 3) de que se tem notícia na história.



Figura 11.5: 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

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.

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**”.

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.

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



O advento do avião, simultaneamente ao desenvolvimento das câmaras 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 e 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 a 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.

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 11.6**).



Figura 11.6: Fotografia aérea da cidade de Paris (França).

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Louvre_Paris_from_top.jpg

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 à 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 11.7: Estereoscópio e fotografias aéreas.

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

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.

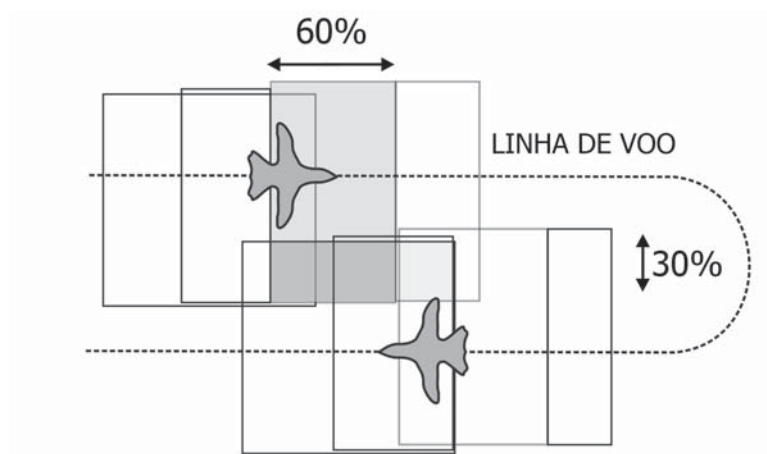


Figura 11.8: Superposição longitudinal de 60% e lateral de 30%.

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 pro-

cesso 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 estereo-autógrafo 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 aos 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 pela mesma, 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 qual todos os elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e 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 11.9: Exemplo de uma ortofoto da cidade de Salamanca (Espanha).

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/Salamanca2001.jpg/350px-Salamanca2001.jpg>

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, Zeiss Orthocomp Z-2, AS11-C, Gestalt Photo-mapper GMP, entre outros (TAVARES; FAGUNDES, 1990 apud ROCHA, 2003).

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 11.10**) 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.

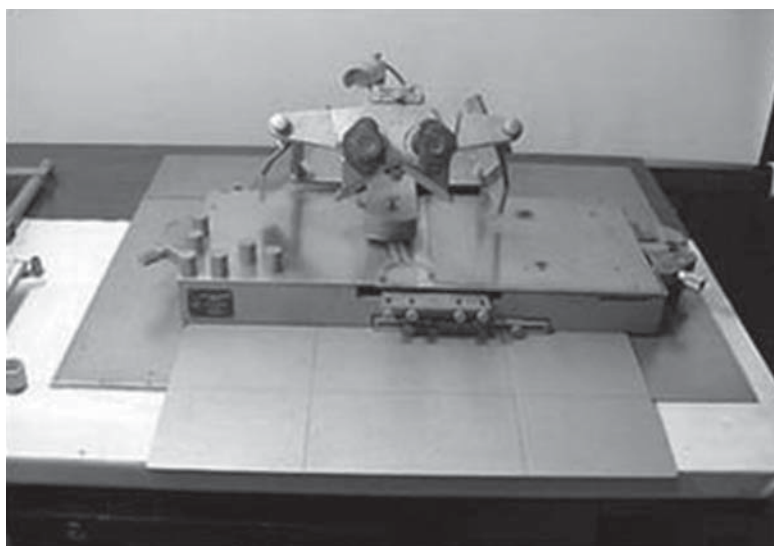


Figura 11.10: Restituidor fotogramétrico analógico “STEREOTOP”

Fonte: http://www.poli.usp.br/Organizacao/museuvirtual/lgtg/imagens/galeria/outros_Fich22_39.jpg

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 (anáglifo – veja mais sobre esse assunto no box de curiosidade) 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 http://www.esteio.com.br/servicos/so_cobertura_digital.htm, e procure ver também as vantagens e desvantagens do uso de fotografias aéreas comparado às imagens de satélite.



Anáglifo é uma imagem (ou um vídeo) especialmente formatada para fornecer um efeito tridimensional estereoscópico quando vista com óculos também especiais, no qual cada lente tem uma cor diferente. A imagem é formada por duas camadas de cor sobrepostas, mas com uma pequena distância entre elas, o que produz um efeito de profundidade. Geralmente, o objeto principal da imagem está localizado no centro, enquanto a frente e o fundo são movidos lateralmente em sentido oposto. Logo, a imagem possui duas imagens diferentes filtradas, uma para cada olho. Quando vista através de um

filtro especial (no caso, os óculos), a imagem revela uma imagem estereoscópica integrada. O córtex visual do cérebro humano funde as imagens sobrepostas na percepção de uma cena tridimensional. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Anáglifo>

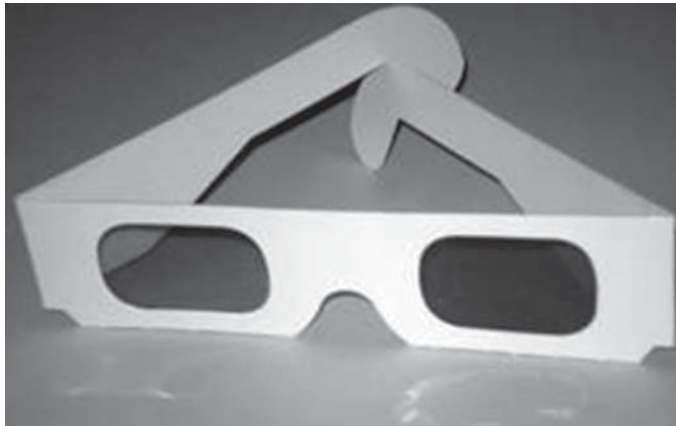


Figura 11.11: Óculos duas cores para a estereoscopia (anáglifo).

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Anaglyph_glasses.png

O modelo estereoscópico deve ser orientado a reproduzir todas as características do terreno sem apresentar deformações ou deslocamentos, além de atribuir o sistema de coordenadas e o modelo de escala, apropriados para serem utilizados no mapeamento.

Atualmente, podemos mencionar que o estado da arte em Fotogrametria é a elaboração de rotinas para a automatização dos processos fotogramétricos. Para tanto, algoritmos vêm sendo desenvolvidos bem como novas câmeras incorporando sensores CCD (*Charge Coupled Device* – dispositivo de carga acoplada), a exemplo do que vem sendo há muito tempo usado em scanners (http://www.esteio.com.br/servicos/so_ortofotos.htm).

A escala das fotografias aéreas é um fator importante para a realização de um mapeamento. Podem ser realizadas em diversas escalas, mas a utilização posterior da fotografia é que determina qual escala é mais apropriada.

No caso do mapeamento voltado ao turismo, por exemplo, podem ser utilizados voos mais baixos para retratar áreas urbanas (observando a localização das quadras e dos logradouros onde se encontram os atrativos turísticos), a escala deve acompanhar o detalhamento do local, ou seja, podem ir desde 1:4.000 até 1:10.000 (grandes e médias escalas). Se os atrativos turísticos estão localizados em áreas rurais, como em fazendas e sítios ou em áreas florestais, a escala pode variar desde 1:15.000 a 1:50.000 (pequenas escalas), a partir de voos mais altos.

Um dos problemas enfrentados pelos voos fotogramétricos são as condições atmosféricas ou climáticas da região a ser sobrevoada, pois existem critérios rigorosos quanto aos horários de voo, a existência de neblinas, névoas e, principalmente, nuvens sobre a região, que interferem na qualidade das fotos adquiridas. Por isso é que deve existir um Plano de Voo (com os recursos disponíveis, tais como plantas, mapas da região, modelos digitais do terreno e em **SRTM** da Nasa), em que são calculados todos os elementos necessários ao planejamento da cobertura aerotogramétrica das faixas a serem sobrevoadas, onde, ao lado da foto, deverá constar o plano de voo gráfico, analítico e o receptor GPS utilizado para a navegação (http://www.esteio.com.br/servicos/so_cobertura.htm).

De um lado, como já foi dito, o sensoriamento remoto é tributário da aerofotogrametria e da fotorinterpretação, de outro lado, seu progresso se deve muito à pesquisa espacial e aos avanços tecnológicos por ela induzidos, resultando em sensores mais sensíveis, regiões espectrais ampliadas, métodos radiométricos etc.

O **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

Atende ao Objetivo 2

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, otimizando 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 de-

envolvimento 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, dada a 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.

Informação 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.

12

Os tipos de sensores orbitais e suas aplicações

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Metas da aula

Desenvolver os conceitos de sensores orbitais e reconhecer os tipos de sensores e suas aplicações ou utilizações para áreas do conhecimento tais como meio ambiente e turismo.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 descrever o processo de obtenção de imagens pelo sensoriamento remoto orbital;
- 2 definir sensoriamento remoto orbital e a sua evolução;
- 3 caracterizar os principais sistemas do sensoriamento remoto orbital;
- 4 identificar as principais aplicações de sistemas sensores orbitais.

Pré-requisito

Recomendamos que você tenha acompanhado a última aula sobre sensoriamento remoto, principalmente com relação ao entendimento sobre o espectro eletromagnético.

Introdução

Na Aula 11, vimos como os sistemas remotos se dividem em não orbitais (ou aerotransportados) e em orbitais (sensores por satélite). Os sistemas sensores orbitais são equipamentos que estão a bordo dos satélites. Sua função é captar e registrar a energia eletromagnética proveniente dos objetos na superfície terrestre. Portanto, sem eles não seria possível para o satélite obter imagens. Ele estaria literalmente “cego”, pois não enxergaria ou detectaria as imagens desses objetos.

Da mesma forma, como nós captamos as cores dos objetos com nossos olhos, você aprendeu na última aula que os sensores a bordo de satélites captam a energia eletromagnética que é refletida ou emitida pelos objetos da superfície terrestre.

Desta forma, sensores podem ser classificados de várias maneiras. Porém, existem diferenças básicas que permitem dividir os sensores em apenas duas classes: os ativos e os passivos. Esse tipo de classificação se refere à capacidade do sensor de emitir a energia que irá interagir com os objetos. Se não emitir energia, o sensor é chamado de passivo, mas se emitir energia, ele é chamado de ativo.

Nesta aula, você vai ver que a maioria dos satélites de sensoria-mento remoto é chamada de “passivo”. Isso quer dizer que o sensor capta a energia originada de uma fonte de energia externa ao sistema sensor. A principal fonte de energia disponível para esses fins é a energia solar que incide sobre o nosso planeta. Vamos ver como isso funciona?

Sensoriamento remoto orbital: o que é e como funciona?

Como foi dito anteriormente, os sensores passivos dependem de energia externa, e a luz solar é a ideal! Ela é captada pelos sensores depois de haver interagido com a superfície e a atmosfera terrestre (**Figura 12.1**).

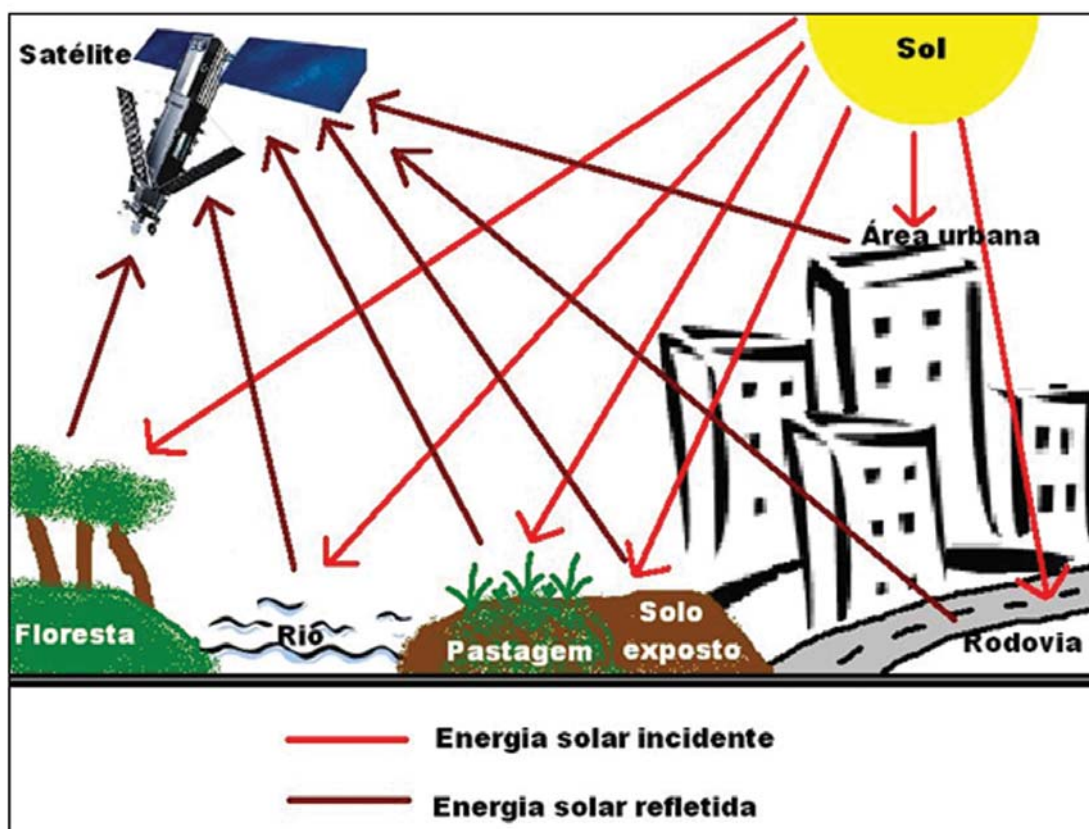


Figura 12.1: Satélite de sensoriamento remoto passivo dependendo da luz solar, que permite a ele captar o reflexo luminoso dos diferentes objetos da superfície terrestre.


Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Você viu na Aula 11 que a definição clássica do termo *sensoriamento remoto* (SR) se refere a um conjunto de técnicas destinadas à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles.

O sensoriamento remoto também é definido por Avery e Berlin (1992) e Meneses (2001) como sendo uma técnica para obter informações sobre objetos por meio de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico com os objetos investigados. A forma de transmissão dos dados (do objeto para o sensor) só pode ser realizada pela radiação eletromagnética, por ser esta a única forma de energia capaz de se propagar pelo vácuo. Mas como o sensor orbital capta a luz solar e a transforma em imagem?

O sistema sensor possui vários componentes; dentre eles, destacamos: coletor, detector, processador, até gerar o produto final (imagem), conforme pode ser avaliado no **Quadro 12.1**:

Quadro 12.1: O sistema sensor – partes componentes e suas funções

Partes componentes de um sistema sensor	
Componente	Função
<i>Coletor</i>	Recebe a energia por uma lente, espelho, antenas etc.
<i>Detector</i>	Capta a energia coletada de uma determinada faixa do espectro.
<i>Processador</i>	O sinal registrado é submetido a um processamento (revelador, amplificação etc.) através do qual se obtém o produto.
<i>Produto</i> – Contém a informação necessária ao usuário, ou seja, a imagem:	
	

Fonte: Adaptado de Moreira (2001). / Fonte da imagem: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rio_deJaneiro_LE2002059_Irg.jpg

Considerando-se a radiação eletromagnética (REM) como uma forma de energia, o sensoriamento remoto pode ser definido com maior rigor. Ele pode ser considerado 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.

São três os elementos fundamentais para o funcionamento de um sistema de sensoriamento remoto:

- a) Objeto de estudo;
- b) Radiação eletromagnética;
- c) Um sensor.

Pelo princípio da conservação da energia, quando a radiação eletromagnética incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência. A soma dessas três componentes citadas (refletância, absorvância e transparência) é sempre igual, em intensidade, à energia incidente.

Por dispersão, a luz branca é composta por sete cores: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Nós podemos ver esse fenômeno na formação do arco-íris. Vamos lembrar alguns conceitos primários sobre reflexão da luz e suas cores?

O que nossos olhos percebem como cores diferentes é, na verdade, radiação eletromagnética de comprimentos de onda diferentes, que são refletidos pelos objetos. Portanto, a cor de um objeto é dada pela cor que ele reflete, ou seja, quando uma luz branca incide sobre ele, todas as cores são absorvidas, exceto a dele. Por exemplo, quando a luz branca incide sobre a tartaruga verde, todas as cores são absorvidas, exceto a cor verde que é refletida. Um objeto se mostra branco porque não absorve nenhuma cor, ou seja, ele reflete todas as cores que compõem a luz branca. Já um objeto apresenta a cor negra porque absorve todas as cores que incidem sobre ele.

Ao incidir luz verde sobre um objeto vermelho, ele se apresenta negro, porque absorve a luz verde, não refletindo nenhuma cor.

E no caso da adição de cores?

Elétron-volts

Uma unidade de medida elétrica.

Micrômetro

Uma unidade de medida que representa a milionésima parte do metro.

Hertz

“(Símbolo: Hz) é a unidade de frequência derivada do SI (Sistema Internacional de Unidades) para frequência, a qual é expressa em termos de ciclos por segundo para a frequência de um evento periódico, oscilações (vibrações) ou rotações por segundo (s^{-1} ou $1/s$). Um de seus principais usos é descrever ondas senoidais, como as de rádio ou sonoras.”

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Hertz>.

Existem três cores primárias: vermelho, verde e azul. Quando essas cores são adicionadas na mesma proporção e com o máximo de intensidade, elas produzem a cor branca. Você aprendeu na aula anterior que elas são importantes para o sensoriamento remoto, pois existem como intervalos no espectro eletromagnético.

A cor azul corresponde ao intervalo de 0,35 a 0,50 μm , o do verde vai de 0,50 a 0,62 μm , e o do vermelho, de 0,62 a 0,70 μm (os intervalos são aproximados e variam segundo a fonte de consulta). Estes intervalos também são conhecidos como “regiões” ou bandas. Abaixo do vermelho está a região do infravermelho (IV), e logo acima do azul está o ultravioleta (UV).

O espectro eletromagnético é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos físicos, geradores de energia em cada faixa, ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia. Dependendo da região do espectro, trabalhamos com energia (**elétron-volts**), comprimento de onda (**micrômetro**) ou frequência (**hertz**). Na região dos raios gama e cósmicos, por exemplo, usa-se energia; na região entre UV e IV, usamos comprimento de onda; na região micro-ondas e rádio, usamos frequência (**Figura 12.2**).

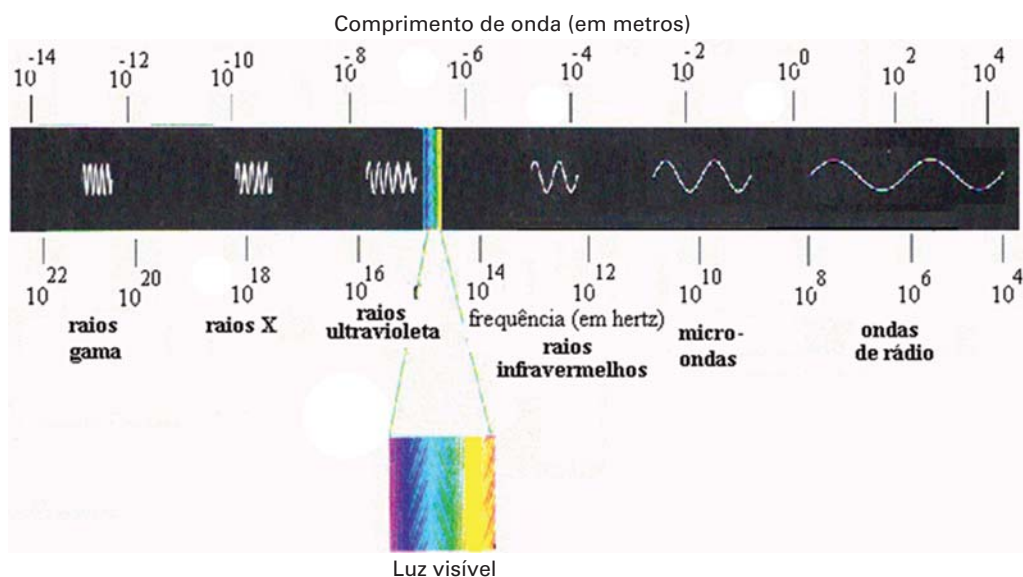


Figura 12.2: Espectro eletromagnético, suas faixas ou intervalos de comprimento de onda (em metros) e de frequência (em hertz).

Fonte: <http://educar.sc.usp.br/optica/luz.htm>.



O espectro eletromagnético é construído com base nos comprimentos de onda (ou frequências) das radiações conhecidas. Uma imagem colorida de sensoriamento remoto (a partir de sensores orbitais) é resultante da combinação das três cores básicas (*blue* – azul, *green* – verde e *red* – vermelho), associadas por filtros às imagens individuais obtidas em diferentes comprimentos de onda ou faixas espectrais. Portanto, esses comprimentos de onda podem abranger as regiões do ultravioleta, passando pelas cores do visível (luz) até o infravermelho.

Os sensores ativos não dependem de energia solar. O exemplo mais significativo desses sensores é o radar. A maioria dos sistemas de sensoriamento remoto óptico-passivo opera principalmente nas regiões do visível e infravermelho no espectro eletromagnético. Já a maioria dos sistemas sensores ativos, como os sistemas de radar, trabalha na região das micro-ondas.

Os sensores remotos medem as intensidades do espectro eletromagnético e, com essas medidas, podem obter imagens nas regiões do visível (azul, verde e vermelho) ao infravermelho. Eles medem a intensidade da radiação eletromagnética refletida em cada intervalo predeterminado de comprimento de onda (**Figura 12.3**).

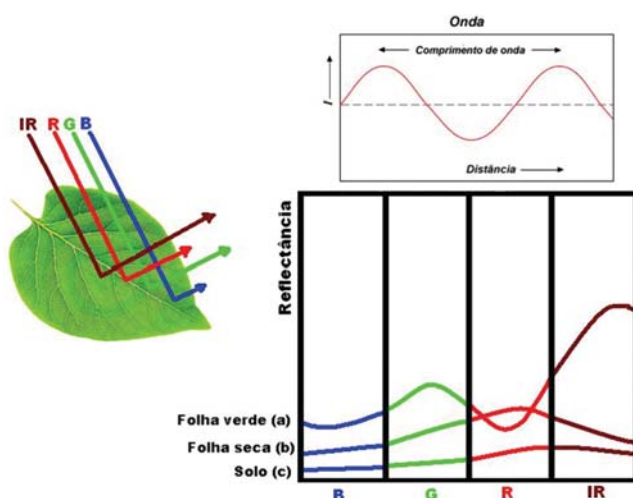


Figura 12.3: Um exemplo de “assinatura espectral” da reflectância produzida pela folha verde, pela folha seca e pelo solo nu (sem vegetação).

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).
Fonte da imagem (comprimento da onda): <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Comprimento-de-onda.png>>

Podemos medir a reflectância de um objeto para cada tipo de radiação que compõe o espectro eletromagnético. Assim, perceberemos que a reflectância de um objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o atinge.

Ao observarmos o exemplo da **Figura 12.3**, verificamos que a folha verde (a) tem valores diferentes de reflectância para cada comprimento de onda (da folha seca – b – e do solo – c), desde o azul (B – *blue*, em inglês) até o infravermelho próximo, *infra-red*, em inglês (IR). Esse tipo de curva, que mostra como varia a reflectância de um objeto para cada comprimento de onda, é denominado *assinatura espectral* e depende das propriedades do objeto.

Analisando a assinatura espectral da folha verde na **Figura 12.3**, podemos explicar as razões para as variações encontradas. Na banda visível (B, G e R), a pequena reflectância (maior absorvância) é produzida por pigmentos da folha (clorofila, xantofila e carotenos). Já na banda infravermelha (IR), a maior reflectância resulta da interação da radiação com a estrutura celular superficial da folha.

Duas características notáveis resultam dessa assinatura espectral: 1 – a aparência verde da folha, e por extensão da vegetação, está relacionada à sua maior reflectância nessa banda (G – *green*, em inglês, ou verde), e que é produzida pela clorofila; 2 – a elevada reflectância na banda infravermelha (IR) está relacionada aos aspectos fisiológicos da folha e varia de acordo com o conteúdo de água na estrutura celular superficial; por isso, é um forte indicador de sua natureza, estágio de desenvolvimento, sanidade etc.

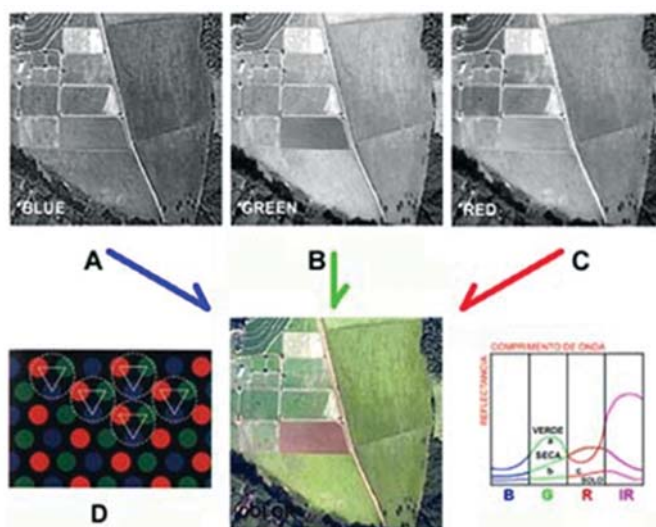
Na curva “b” da mesma figura, a assinatura espectral de uma folha seca, em que a clorofila não atua com maior intensidade; então, o comprimento de onda é menor, pela menor reflectância. Veja, ainda nessa figura, a curva “c”, que mostra a assinatura espectral de uma amostra de solo. No caso, o exemplo trata de um tipo de solo sem vegetação, que pode conter ferro e pouca matéria orgânica, o que provoca uma leve alta na banda R (*red*, em inglês, ou vermelha), ou seja, maior absorvância do que reflectância.



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. Para entender como três imagens podem ser compostas para sintetizar uma única imagem colorida no computador, observe a figura abaixo, em que a tela do computador é composta por milhares de pequenas células coloridas (azul, verde e vermelho), dispostas em trincas, como em D. Quando o computador sobrepõe as imagens das três bandas no monitor, as células de cada cor brilham com intensidades proporcionais aos níveis digitais de cada pixel da imagem monocromática (de uma só cor) correspondente, e o resultado percebido é uma imagem colorida. Procure descrever na figura abaixo o que ocorre na imagem da vegetação nas componentes A, B e C, pois isso guarda estreita relação com a assinatura espectral da folha que você acabou de ver no início desta aula.



Resposta Comentada

No esquema anterior, podemos notar que, na figura A, a vegetação aparece escura; na B, em que a reflectância é maior (green – verde), a vegetação aparece em tonalidade mais clara; e, na imagem C, em que a clorofila absorve a radiação vermelha, aparece novamente mais escura. Com base nessa figura, é fácil entender por que a vegetação aparece verde na imagem colorida. No caso do solo preparado (arado para agricultura), a cor aparece avermelhada, em função de a reflectância ser menor (pela falta de vegetação – folha) e pela absorção maior que ocorre na imagem C (red – vermelha), própria de um solo exposto.

Cronologia do sensoriamento remoto orbital

Os sensores ativos se tornaram operacionais apenas na década de 1960, com o uso de sistemas radares como sistemas de sensoriamento remoto, embora a radiação de micro-ondas fosse conhecida desde o início do século XX e existissem sistemas de radar em operação desde a Segunda Grande Guerra.

O Brasil representa um dos exemplos pioneiros de utilização de dados de radar aerotransportados para o levantamento de recursos naturais. A partir de 1970, teve início o projeto Radar na Amazônia (Radam), que permitiu o levantamento de 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território nacional até o fim da década de 1980. Esse levantamento foi feito pelo sistema GEMS (*Goodyear Electronic Mapping System*) operando na banda X (TREVETT, 1986).



Para saber mais sobre o projeto Radambrasil, acesse o site do Serviço Geológico Brasileiro (Centro de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM) em <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=796&sid=9>

A década de 1960 também assistiu ao advento dos sistemas orbitais de sensoriamento remoto. Os primeiros sensores orbitais foram voltados para aplicações meteorológicas. Paralelamente, houve também a utilização de câmeras fotográficas para a obtenção de fotografias da superfície terrestre durante as missões tripuladas da série Apollo.

Desde então, as plataformas espaciais de sensoriamento remoto foram classificadas em:

- *Plataformas tripuladas*: série Mercury, Gemini, Apollo na década de 1960 e os ônibus espaciais (*Space Shuttle*) a partir dos anos de 1980, ou ainda as plataformas soviéticas Vostok, Voskod, Soyuz.
- *Plataformas não tripuladas*: vários programas existentes desde o lançamento dos primeiros satélites meteorológicos.

Na década de 1970, é lançado o primeiro satélite experimental de levantamento de recursos terrestres (ERTS-1: *Earth Resources Technology Satellite*). Esse satélite e o seu sensor multiespectral, que leva a bordo, obtiveram tamanho sucesso que o seu nome foi modificado para Landsat.

Do ERTS-1 até o Landsat 3, os principais sensor eram o *Multispectral Scanner System* (MSS) e o *Return Beam Vidicon* (RBV), o que permitia a aquisição de dados em 4 faixas espectrais (três do visível e uma do infravermelho próximo). A resolução espacial (você verá detalhes sobre isso nos itens posteriores desta aula) deste sensor era de 79 m x 56 m, e a frequência de aquisição de dados era de 18 dias. Eles realizavam uma órbita completa em torno da Terra a cada 103 minutos e 27 segundos, recobrindo um total de 14 faixas da superfície terrestre por dia. Esta configuração de órbita permitia que o satélite a cada 18 dias passasse sobre a mesma região da superfície terrestre.

Quando o Landsat 4 foi lançado em julho de 1982, o sistema RBV foi substituído pelo *Thematic Mapper* (TM), que trabalha com 7 bandas, três no visível, três no infravermelho próximo e

médio e uma no infravermelho termal, com resolução espacial de 30 x 30 metros, exceto para a banda no infravermelho termal, que possui resolução espacial de 120 x 120 metros.

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 30 m x 30 m em 6 bandas e 120 m x 120 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 repetitividade é de 16 dias. A área recoberta pelos sensores a bordo do Landsat é de 184 km x 184 km, ou aproximadamente 34.000 km².

O Landsat 6, lançado em 1993, foi perdido no mar. Carregava a bordo o *Enhanced Thematic Mapper* (ETM), que operava com 7 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 15 x 15 metros, 30 metros e 120 metros, respectivamente (NOVO, 1992).

No entanto, apesar de 7 satélites terem sido lançados, apenas as missões 5 e 7 fizeram maior sucesso ao ponto de proporcionar a sua utilização para imagens de todo o Brasil. Inclusive com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a Embrapa solos, utilizaram suas imagens para criar um produto chamado “Brasil visto do espaço”.



O produto “Brasil visto do espaço” foi lançado em CD-ROM e está disponível no site <<http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br>>.



Figura 12.4: Imagem de satélite Landsat com recorte espacial (carta) dos municípios de Mangaratiba e Angra dos Reis (RJ), com a Ilha Grande na parte inferior da figura.
Fonte: Brasil visto do espaço. Acesso em: 23 jul. 2010.

O Landsat se transformou no programa de sensoriamento remoto de mais longa duração já existente, com o sétimo satélite da série lançado em 1999 (**Quadro 12.2**).

Quadro 12.2: Landsat – Satélites lançados

Satélite	Lançamento	Fim Operação	Sistemas Sensores
ERTS-1	23 / julho / 1972	5 / janeiro / 1978	MSS e RBV
Landsat-2	22 / janeiro / 1975	27 / julho / 1983	MSS e RBV
Landsat-3	5 / março / 1978	7 / setembro / 1983	MSS e RBV
Landsat-4	16 / julho / 1982	Final de 1983	MSS e TM
Landsat-5	1 / março / 1984	Em operação	MSS e TM
Landsat-6	3 / outubro / 1993	3 / outubro / 1993	ETM
Landsat-7	15 / abril / 1999	2003	ETM+

Fonte: Adaptado de <<http://www.dsr.inpe.br/selper/image/caderno2/cad9.htm>> e <<http://www6.ufrgs.br/engcart/PDASR/sensores.html>>.

Em 1978, é lançado o primeiro sistema orbital de radar, o SeaSat. Esse satélite, concebido para obter dados para o monitoramento da superfície oceânica, se manteve em operação por apenas 3 meses. Por razões controvertidas (informação classificada, alta taxa de dados para transmissão telemétrica, alta potência requerida para operação dos sensores, entre outras), fizeram com que dados orbitais de radar só voltassem a ser disponíveis na década de 1990, com o lançamento do satélite soviético Almaz (1990), ERS-1 (1991), JERS-1 (1992) e Radarsat-1 (1995).

Em dezembro de 2007 é lançado o Radarsat-2, satélite desenvolvido pela Canadian Space Agency (CSA) em colaboração com a MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. (MDA), destinado a substituir o Radarsat-1. O Radarsat-2 vem permitindo obter imagens precisas da Terra, tanto de dia como à noite, independentemente das condições meteorológicas.



Mais detalhes sobre o Radarsat-2, assim como imagens, podem ser visualizados no site oficial em <http://www.radarsat2.info/>.

Atualmente, existe um grande número de satélites de sensoriamento remoto em operação e planejados para entrar em operação. Algumas dessas missões encontram-se resumidas no **Quadro 12.3**. Maiores detalhes sobre essas missões podem ser encontrados em Kramer (1996) ou ainda na internet em <http://www.engesat.com.br>; <http://www.threetek.com.br>, entre outros sites.

Quadro 12.3: Principais missões de sensoriamento remoto orbital em operação e planejadas até 2010

Missão	Lançamento	País
Landsat-5	1984	USA
Spot-2	1990	França
IRS-1B	1991	Índia
ERS-2	1995	ESA

IRS-1C	1995	Índia
Radarsat-1	1995	Canadá
IRS-1D	1997	Índia
Spot-4	1998	França
CBERS-1	1999	China/Brasil
EOS-AM1	1999	USA
Ikonos-2	1999	USA
IRS-P4	1999	Índia
KITSAT-3	1999	Coreia
Landsat-7	1999	USA
TERRA	1999	NASA
ADEOS-2	2000	Japão
EOS-PM1	2000	USA
EO-1	2000	USA
EROS-A1	2000	Israel
QuickBird-1	2000	USA
OrbView-3	2000	USA
ARIES	2001	Austrália
CBERS-2	2001	China/Brasil
EROS-A2	2001	Israel
Envisat	2001	ESA
IRS-P6	2001	Índia
QuickBird-2	2001	USA
Radarsat-2	2001	Canadá
Alos	2002	Japão
IRS-P5	2002	Índia
LightSar	2002	USA
Spot-5	2002	França
ENVISAT	2002	ESA
AQUA	2002	NASA
OrbView-3	2003	EUA
AURA e PARASOL	2004	NASA
Meteosat 9	2005	ESA
Alos	2006	Japão
EROS B	2006	Israel
CBERS-2B	2007	China/Brasil
WorldView-1	2007	DigitalGlobe
GeoEye-1	2008	EUA (direcionado aos serviços Google Earth/Map)
RapidEye	2008	Rússia/Alemanha
WorldView-2	2009	DigitalGlobe
CBERS-3 e 4	2010	China/Brasil

Fonte: Kramer (1996), adaptado e atualizado por Vivian Costa (2010), baseado em Embrapa – Monitoramento por satélite (2010).

Como podemos ver no **Quadro 12.3**, o Brasil também está entre os países detentores de tecnologia para a aquisição de dados orbitais de sensoriamento. Em 1999, após 10 anos de desenvolvimento, o Brasil e a China lançaram com êxito relativo o satélite CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*). Esse satélite foi lançado com três sensores a bordo: uma câmera de amplo campo de visada (*Wide Field Imager – WFI*), uma câmera *CCD* (*Coupled-Charged Device*) e um sistema de varredura infravermelho (*IRMSS – Infrared Multispectral System*).



Para saber mais sobre o programa espacial brasileiro com o CBERS, acesse ao site http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm

Atualmente, o Brasil está envolvido no projeto de mais duas missões de sensoriamento remoto de recursos terrestres: a missão SSR (Satélite de Sensoriamento Remoto) e a missão Sabia3 (Satélite Argentino-Brasileiro de Informações sobre Água, Alimento e Ambiente).

Além dessas perspectivas apresentadas, há ainda aquelas referentes aos denominados “microssatélites”, cujos objetivos variam segundo as concepções adotadas. Como exemplo, destacamos o Spin-2, da União Soviética, dotado de resolução espacial de aproximadamente 2 m em seu modo pancromático.

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 DigitalGlobe.



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Sensoriamento remoto é um conjunto de atividades em que o objetivo é caracterizar as propriedades de alvos naturais pela detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante por eles refletido ou emitido. Para tal, são utilizados equipamentos como os chamados sensores. Defina sistemas sensores ativos e passivos. Complemente sua resposta associando a evolução do sensoriamento remoto aos tipos de sensores.

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. As câmeras podem ser descritas como sensores passivos, operando basicamente nas regiões do visível e infravermelho no espectro eletromagnético.

São ativos quando não dependem de fonte de energia externa, isto é, são sensores que possuem sua própria fonte de energia. É o caso, por exemplo, dos radares, que emitem fluxos de energia em direção a determinados alvos e, a seguir, captam de volta a energia refletida por eles, operando na região das microondas no espectro eletromagnético.

Os sistemas radares, bem como as câmeras fotográficas utilizadas em missões espaciais, como você pode ter exemplificado, se articulam à evolução do sensoriamento remoto, indicando os dois tipos de sensores (ativos e passivos).

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.

- *Satélites geoestacionários:* localizados em órbitas altas (a pelo menos 35 mil quilômetros acima da superfície da Terra) no plano do equador, as quais se deslocam à mesma velocidade e direção do movimento de rotação da Terra. Com isto, o satélite se mantém estacionário em relação à superfície, observando sempre a mesma região. Os satélites GOES (USA) e Meteosat (ESA – Agência Espacial Europeia) são exemplos de plataformas espaciais geoestacionárias.



Figura 12.5: Exemplo de satélites com órbita geoestacionária – GOES – 8.
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:GOES_8_Spac0255.jpg

- *Satélites de órbita polar:* são síncronos com o Sol, ou seja, sua velocidade de deslocamento perpendicularmente ao plano do equador é tal que sua posição angular em relação ao Sol se mantém constante ao longo do ano. Um satélite de órbita polar completa, em média, 15 órbitas em torno da Terra por dia. Cada órbita é completada em cerca de 100 minutos. Esses satélites, desta maneira, podem passar por todos os pontos da superfície terrestre sempre no mesmo horário, seja de dia ou à noite (CROSTA, 1993; NOVO, 1992).

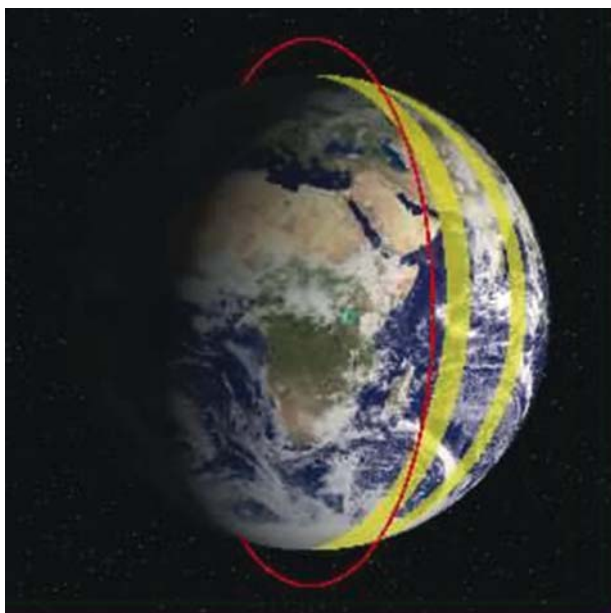


Figura 12.6: Órbita polar.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Polar_orbit.ogg

As características técnicas das imagens (resoluções) de sensoriamento 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.
- Resolução espectral.
- Resolução temporal.
- Resolução radiométrica.

As resoluções dependem tanto das propriedades técnicas dos sensores quanto das características da órbita do satélite ou plataforma orbital. São normalmente utilizadas para caracterizar uma imagem.

A resolução espacial indica o tamanho do menor objeto que é possível representar na imagem. Simplesmente é a capacidade do sistema sensor em “enxergar” objetos na superfície terrestre, ou seja, quanto menor o objeto passível de ser visto, maior será a resolução. Formalmente, é definida como a menor separação angular ou linear que um sensor pode diferenciar, medida em linhas por milímetro, metros ou estéreos radianos.

Para sensores eletro-ópticos, a resolução espacial é função do sistema óptico do sensor composto por prismas e espelhos, da quantidade e sensibilidade dos detectores do sensor e também da altitude do satélite. No caso de sensores ativos do tipo radar, a resolução está diretamente relacionada com a altura da plataforma, o raio de abertura da antena e o comprimento de onda emitido.

A resolução espacial de uma imagem determinará o tipo de aplicação na qual pode ser utilizada, em função da escala de trabalho e/ou do grau de detalhamento desejado da superfície terrestre. As feições da superfície terrestre são representadas por imagens de resoluções espaciais diferentes. Isto permite a caracterização da superfície de acordo com a quantidade de informação apropriada para aplicações com escalas diferentes. 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.

O IFOV, portanto, é uma variável muito importante do sistema sensor, visto que ele interfere na resolução espacial das imagens geradas. Ele é medido pelas dimensões da área vista no terreno e, de uma forma *simplificada*, ele representa o tamanho do *pixel*, como você viu na Aula 10 (CROSTA, 1993; NOVO, 1992). 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 WorldView 2 ou GeoEye, satélite lançado pela empresa DigitalGlobe, e que são utilizados pelo Google Earth.



Figuras 12.7: 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.cnpm.embrapa.br/rj/htm0/rj23_14.htm e <http://www.sat.cnpm.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, 2010).

Portanto, a resolução espectral dos sensores indica a quantidade de regiões do espectro eletromagnético em que o sensor é capaz de gerar uma imagem de níveis de cinza. Estas imagens denominam-se bandas espectrais.

Cada uma destas imagens representa a energia registrada pelos detectores do sensor em uma determinada região do espectro eletromagnético. Assim, quanto maior a quantidade de bandas ou imagens geradas, maior será a resolução espectral do sensor.

Devido às diferenças na composição físico-química dos materiais que compõem os objetos, estes interagem de maneira diferente com as ondas eletromagnéticas. Assim, a reflexão dos

Banda espectral

É o intervalo entre dois comprimentos de onda no espectro eletromagnético.

Banda

Se tiramos duas fotos de um mesmo objeto, sendo uma colorida e outra em preto e branco, a foto em preto e branco representa o objeto em apenas uma banda espectral, e a colorida representa o mesmo objeto em três bandas espectrais (vermelha, azul e verde – bandas do visível no espectro eletromagnético), que, quando superpostas, mostram o objeto em cores.

Multiespectral

É uma imagem tomada de um mesmo objeto com diferentes comprimentos de ondas eletromagnéticas. Pode ser luz visível, infravermelho, ultravioleta, raio X ou qualquer outra faixa do espectro eletromagnético. Muitos satélites de sensoriamento remoto e naves espaciais transportam câmeras multispectrais, escolhendo qual comprimento de onda querem registrar. Um exemplo são os satélites CBERS, que estão equipados com câmeras multispectrais chamadas de *Infrared Multispectral Scanner* (IR-MSS).

comprimentos de onda acontece em quantidades diferentes para cada tipo de material ou objeto, o que permite estabelecer uma caracterização espectral de cada um deles.

Este fato viabiliza a identificação de diferentes coberturas sobre a superfície terrestre por meio de uma análise **multiespectral** realizada com imagens de diferentes regiões do espectro.

Quanto maior a quantidade de bandas de um determinado sensor, podemos assumir que maior será a sua capacidade em discriminar coberturas diferentes sobre a superfície. A imagem de satélite colorida Landsat 5 do município do Rio de Janeiro disposta a seguir (**Figura 12.8**), por exemplo, possui a combinação de três bandas (1 – verde, 2 – azul e 3 – vermelho).



Figura 12.8: 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.itid.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 aproxi-

mam das cores reais. Esta combinação de bandas é boa para realçar informações sobre regiões de água rasa, turbidez, correntes e sedimentos em suspensão. Nesta imagem, as tonalidades de azul mais claro representam águas mais rasas e com sedimentos em suspensão. Já os tons de azul mais escuro representam águas mais profundas e com pouco de sedimento em suspensão. As áreas urbanas aparecem em tonalidades de marrom claro, e, a vegetação, em tons de verde.

Outro fator importante da resolução espectral para a identificação de coberturas é o intervalo de comprimentos de onda integrados na imagem. Por exemplo, pode ser mais útil um sensor com apenas 5 bandas que representem individualmente intervalos de 0,1 mm, do que um sensor com 10 bandas com larguras individuais de 0,4 mm. Por quê?

Porque quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor.

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

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



Veja mais sobre o que cada uma das sete bandas do satélite Landsat é capaz de mostrar com relação aos objetos terrestres, além da composição colorida delas no site “Educa SeRe” criado pelo Selper e pelo INPE em <http://www.ltid.inpe.br/selper/image/portugues>.

O valor em **bits** sempre é uma potência de 2, ou seja, 6 **bits** = 2^6 = 64 níveis de cinza para uma determinada resolução radiométrica.

A resolução radiométrica é o número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para representar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis (expresso em função do número de dígitos binários – **bits**), maior é a resolução radiométrica.

Uma imagem com 2 níveis de cinza (preto e branco) tem menor resolução radiométrica do que outra com 32 níveis de cinza (entre o preto e o branco).

As imagens de sensoriamento remoto são uma representação, em formato digital ou analógico, de uma parte da superfície terrestre. Você aprendeu na Aula 11 que as imagens adquiridas por sensores de satélite têm geralmente formatos digitais, já as fotografias aéreas são tradicionalmente imagens analógicas.

Uma imagem digital é a composição de um conjunto de elementos denominados *pixels* (*picture elements*) ordenados na forma de uma matriz bidimensional. Para cada um desses elementos de imagem existe uma única posição na matriz, indicada pela intersecção de uma linha e uma coluna.

Cada *pixel* ou elemento da matriz representa uma área definida da superfície terrestre. Assim, a área total do conjunto de todos os *pixels* da matriz corresponde à área total coberta pela imagem sobre a superfície.

Para cada *pixel* é associado um valor de intensidade denominado número digital (DN – *Digital Number*), que representa a medida física da quantidade (ou intensidade) de energia eletromagnética (refletida ou emitida) incidente nos detectores do sensor (radiância), seja pela reflexão da energia solar nos objetos sobre a superfície terrestre ou pela radiação infravermelha emitida por eles.

O número digital é armazenado com uma quantidade finita de **bits**, ou seja, números compostos de valores 0 e 1. Por exemplo, o número 10010110 é um número binário de 8 **bits** por ter 8 dígitos com valores 0 ou 1 (**Figura 12.9**).

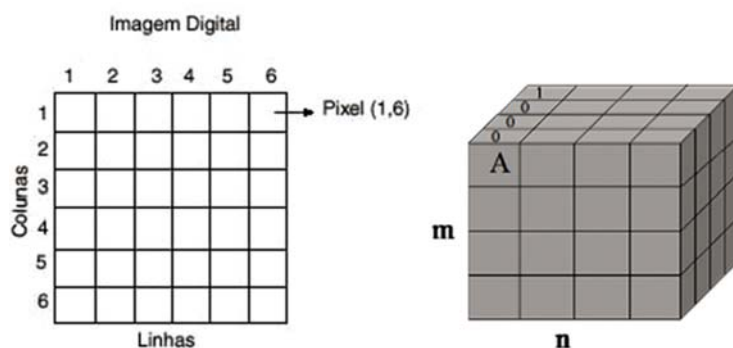


Figura 12.9: Uma imagem digital pode ser representada por um cubo tal que a dimensão “z” seja formada pela grandeza radiométrica medida em uma representação binária.

Como o número de *bits* utilizado para armazenar os números digitais define a resolução radiométrica de uma imagem, esta indica a quantidade máxima de níveis de cinza que podem ser utilizados para representar uma imagem. Por fim, a resolução temporal, em sistemas sensores orbitais, indica o intervalo de tempo em dias ou horas que o satélite leva para voltar a recobrir a área de interesse e obter duas imagens consecutivas da mesma região sobre a Terra.

A resolução temporal é também conhecida como tempo de revisita e depende das características da órbita do satélite, ou seja, do tamanho ou largura da faixa que ele é capaz de imagear no solo. Porém, sensores com capacidade de imageamento com visada lateral podem aumentar o tempo de revisita, nominalmente estabelecido pela órbita do satélite para o imageamento.

A resolução temporal é de fundamental importância quando se pretende monitorar processos dinâmicos, como, por exemplo, a ocorrência de incêndios ou queimadas em reservas florestais, derramamento de óleo no oceano, mudanças fenológicas de culturas e o crescimento de uma cidade. Da mesma forma em que a resolução espacial das imagens deve ser associada a uma escala espacial para uma determinada aplicação, a escolha da resolução temporal deve ser coerente com a escala temporal e com o dinamismo do processo monitorado.



Atividade

Atende ao Objetivo 3

3. As resoluções de uma imagem dependem tanto das propriedades técnicas dos sensores quanto das características da órbita do satélite ou plataforma orbital. Associe cada variável à(s) sua(s) característica(s) relacionada(s) à imagem e/ou ao tipo de sistema sensor:

- | | |
|------------------------------|---|
| (1) Resolução espacial | () Relacionada aos sistemas sensores denominados multiespectrais. |
| (2) Resolução espectral | () Refere-se à frequência de passagem do sensor em um mesmo local, em um determinado intervalo de tempo. |
| (3) Resolução radiométrica | () A radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico, expresso em <i>bits</i> . |
| (4) Resolução temporal | () É uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. |
| | () Mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos. |
| | () O número de níveis de cinza está expresso em <i>bits</i> . |

Resposta Comentada

As características dos sistemas sensores não fotográficos imageadores em geral, ou seja, dos sensores orbitais de satélites, são expressas em função de quatro domínios de resolução, a saber: espacial, espectral, radiométrica e temporal. As características de cada uma das resoluções são:

- (2) *Relacionada aos sistemas sensores denominados multiespectrais. Assim, quando as câmaras possuem a capacidade de “dividir” os segmentos de onda em várias faixas ou canais (bandas), são classificadas como multiespectrais. Se um sensor “enxerga” o objeto com toda a faixa em um único canal, é*

- classificado como pancromático (imagem em tons de cinza). Já se o sensor tem a propriedade de dividir o espectro em centenas de bandas, o mesmo é classificado como hiperespectral.*
- (4) Refere-se à frequência de passagem do sensor em um mesmo local, em um determinado intervalo de tempo. Pela combinação sincronizada da velocidade do satélite com a rotação da Terra é possível recobrir todo o planeta após um certo número de dias. Os satélites da série Landsat têm uma órbita de imageamento de 185 km e recobrem todo o planeta a cada 16 dias, ou seja, podemos obter uma imagem de uma determinada área a cada 16 dias.*
- (3) A radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico, expresso em bits. Se refere aos níveis de cinza que as bandas apresentam. Simplificando bastante o conceito e uma aplicabilidade, quanto maior a resolução radiométrica de uma imagem, maior será a possibilidade de se extrair informações em zonas de sombra, por exemplo.*
- (2) É uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. Os satélites têm a propriedade de gerar imagens a partir da reflexão ou absorção do espectro eletromagnético sobre o terreno (para sensores óticos).*
- (1) Mede a menor separação angular ou linear entre dois objetos, ou seja, o nível de detalhe com que podemos observar os objetos da superfície terrestre. É a capacidade que o sensor possui para discriminar objetos em função do seu tamanho. As imagens do Landsat-TM têm uma resolução espacial de 30 metros, o que implica que objetos com dimensões menores do que isso não podem ser identificados. A resolução espacial dos sensores a bordo dos satélites de sensoriamento remoto varia de 0,40 cm até 1 km.*
- (3) O número de níveis de cinza está expresso em bits.*

Aplicações do sensoriamento remoto orbital

A aplicabilidade dos principais sensores orbitais de satélite depende muito do projeto em que se pretende utilizar uma imagem. E a definição de um projeto consiste em definir quais são os objetivos de interpretação de uma imagem, o tema do mapeamento, o propósito de aplicação, a localização e os limites da área a ser mapeada, a legenda de mapeamento e, conseqüentemente, a escala cartográfica e o nível de detalhamento desejado.

Desse modo, podemos cotejar produtos de sensoriamento remoto, dentro das possibilidades acessíveis que melhor nos servirão. Esta escolha passa então pela comparação dos “recursos disponíveis” de cada produto de SR em função das especificações anteriormente citadas.

Os recursos disponíveis de um sistema sensor podem ser definidos pela seguinte expressão:

$$\text{Recurso disponível} = \text{Resolução espacial} + \text{Resolução espectral} + \text{Resolução radiométrica} + \text{Resolução temporal}$$

Onde, $R(\text{espacial})$, $R(\text{espectral})$, $R(\text{radiométrica})$ e $R(\text{temporal})$ dependem do propósito da aplicação, sendo também calculados em função do custo x benefício desejado.

Portanto, o recurso disponível vai refletir na escolha de uma escala cartográfica adequada compatível com os critérios de exatidão cartográfica e uma legenda de mapeamento proporcional ao conteúdo de informação disponível. Em síntese, a plataforma de SR escolhida vai depender do propósito do estudo. Assim, inventários globais usarão imagens com menor resolução espacial, grande cobertura regional e alta resolução temporal. Como exemplo de inventário global, temos produtos de sensores como NOAA e Meteosat. Quando mais detalhes são requeridos, podem-se usar imagens de sensores como Spot, Landsat e até mesmo fotografia aérea.

Veja o quadro a seguir, que compara diferentes tipos de sensores com a escala ótima desejada para os produtos (**Tabela 12.1**).

Tabela 12.1: Nível de detalhamento em função da escala dos produtos dos diferentes sensores

NOAA-AVHRR	1:2.000.000
Landsat TM	1:100.000
Landsat ETM	1:50.000
Spot HRV	1:30.000
Ikonos	1:10.000

Fonte: Soares Filho (2000).

A definição da legenda de mapeamento, ou definição de classes temáticas, depende fortemente do recurso disponível do sistema sensor.

Se usarmos como exemplo um mapa de cobertura do solo, poderemos identificar a cobertura de floresta, que pode ter vários usos, como reserva ecológica, parque, área de extração de madeira etc. Em sensoriamento remoto, o que se “enxerga” é a cobertura do solo.



Uso do solo é a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, e cobertura é o revestimento do solo. Então, uma cobertura pode ter vários usos, ou seja, várias utilizações culturais.

Pelo exemplo anterior, Anderson (1981 apud SOARES FILHO, 2000) propôs um sistema de definição de legendas de mapeamento baseado em níveis de classificação proporcionais ao conteúdo de informação disponibilizado por diferentes tipos de sistemas sensores (**Tabela 12.2**).

Tabela 12.2: Níveis de classificação por tipo de dados

Níveis de classificação	Tipos de dados	Exemplo de possíveis legendas por níveis de classificação
I	Landsat TM	Área urbana construída
II	Fot. 1:80.000/Spot HRV Landsat ETM	Ocupação irregular, loteamento recente, uso institucional, uso residencial unifamiliar, uso residencial multifamiliar, uso misto, sistema viário, área comercial
III	Fot. 1:20.000/1:80.000	
IV	Fot. > 1:20.000	

Fonte: Vivian Costa (2010), adaptado de Soares Filho (2000).

Na **Tabela 12.2**, os níveis I e II discriminam classes de infraestrutura em um mapa de interesse (escala) nacional ou estadual, enquanto os níveis III e IV mostram classes de infraestrutura de interesse regional e municipal. Assim, a escolha entre uma imagem Landsat ou Spot para uma fotografia aérea vai depender do maior interesse no estudo de uma região do ponto de vista sinótico ou de síntese.

A imagem de satélite permite a visualização de uma ampla região sob as mesmas condições de iluminação. Já ao se buscar uma visão de detalhe e alta exatidão cartográfica, é imprescindível, neste caso, a fotografia aérea.



Você sabia que a Embrapa Solos é uma empresa que investe muito no sensoriamento remoto aplicado aos estudos de produtividade agrícola e rural? Pesquisando no site da Embrapa (em <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>), você poderá ver os principais tipos de sensores orbitais passivos e ativos, suas características técnicas e como eles são aplicados nos estudos ambientais.



O IBGE também vem investindo muito na utilização de imagens de satélite para o mapeamento sistemático do território brasileiro, sendo, portanto, uma importante ferramenta do sensoriamento remoto para a detecção de alvos e o cruzamento de mapeamentos temáticos do território brasileiro por intermédio do Geoprocessamento.

Um satélite que vem sendo utilizado pelo IBGE nesses mapeamentos é o Alos, que foi lançado em 24 de janeiro de 2006 pela *Japan Aerospace Exploration Agency* – JAXA, no centro espacial de Tanegashima (Japão), e entrou na fase operacional e de fornecimento de dados ao público em 24 de outubro de 2006. Deriva-se da tecnologia desenvolvida por seus antecessores, os satélites japoneses Adeos e JERS-1. A ele foram incorporadas características necessárias aos satélites modernos de alta resolução. Três sensores estão a bordo do Alos: o radiômetro PRISM, capaz de captar imagens tridimensionais detalhadas da superfície terrestre; o radiômetro multiespectral AVNIR-2, voltado aos mapeamentos de uso e cobertura das terras; e o sensor de micro-ondas Palsar, capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade. Veja mais detalhes em <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/Alos.htm> e <<http://www.ibge.gov.br/Alos/sensores.php>>

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.



Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2, 3 e 4

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 em seu computador pessoal.

Faça um teste baixando Google Earth e tente localizar sua residência. Verifique, então, qual a aplicabilidade viável para o turismo 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, Spot Image e do GeoEye. O Google Earth, inclusive, pode ser utilizado para planejar viagens e passeios a qualquer destino turístico, sendo possível ainda calcular o tempo e a rota em rodovias e visualizar o roteiro com imagens de satélite atualizadas de toda a viagem, além da localização e informações da rede de hotéis, restaurantes, shoppings, postos de gasolina, entre outros tipos de infraestrutura e serviços turísticos.

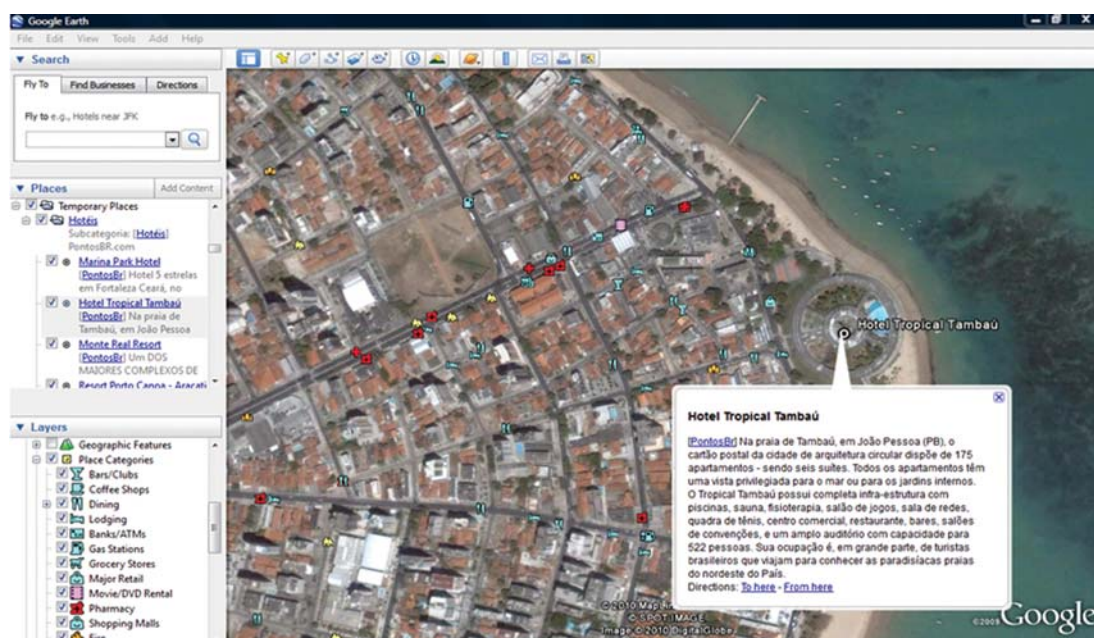


Figura 12.10: Imagem de satélite de uma parte da cidade de João Pessoa (PB), com as informações no Google Earth da rede hoteleira, da infraestrutura e dos serviços locais. Basta apontar com o mouse que a localização de cada um dos itens aparece, além de outras informações.

Resumo

Os tipos de sensores podem ser classificados, em função da fonte de energia, em passivos (não possuem fonte própria de radiação, medindo radiação solar refletida ou radiação emitida pelos alvos) e ativos (possuem sua própria fonte de radiação eletromagnética, trabalhando em faixas restritas do espectro). Os sistemas sensores orbitais exploram as características de uma plataforma embarcada em um tipo de órbita (satélites geoestacionários ou em órbita polar). 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. 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 um dos mais importantes produtos do sensoriamento remoto: as imagens de satélite. Até lá!

13

As imagens de satélite: interpretando o espaço terrestre

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Apresentar as principais formas de utilização das imagens de satélite orbitais, para a interpretação dos alvos terrestres no mapeamento e processamento digital de imagens, principalmente aqueles voltados para o turismo.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1** interpretar as imagens de satélite orbitais;
- 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 turismo.

Pré-requisito

Para acompanhar esta aula, é recomendável que você tenha relido as duas últimas aulas sobre sensoriamento remoto, especialmente com relação ao espectro eletromagnético e à composição das bandas dos sensores orbitais.

Introdução

Você aprendeu nas últimas aulas que os satélites artificiais são construídos para diferentes finalidades, dentre elas o sensoriamento remoto. Podemos ainda citar as telecomunicações, a espionagem e os experimentos científicos – nas áreas de astronomia e astrofísica, geofísica espacial, climatologia, meteorologia, entre outras.

Nesta aula, continuaremos falando sobre os satélites orbitais, também chamados de satélites de sensoriamento remoto, e seus produtos, as imagens de satélite. 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 na extração de informações precisas e atuais da superfície terrestre.

Como interpretar imagens de satélite?

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.

Na Aula 11, vimos que 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 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.

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 exemplificado 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 13.1** 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).

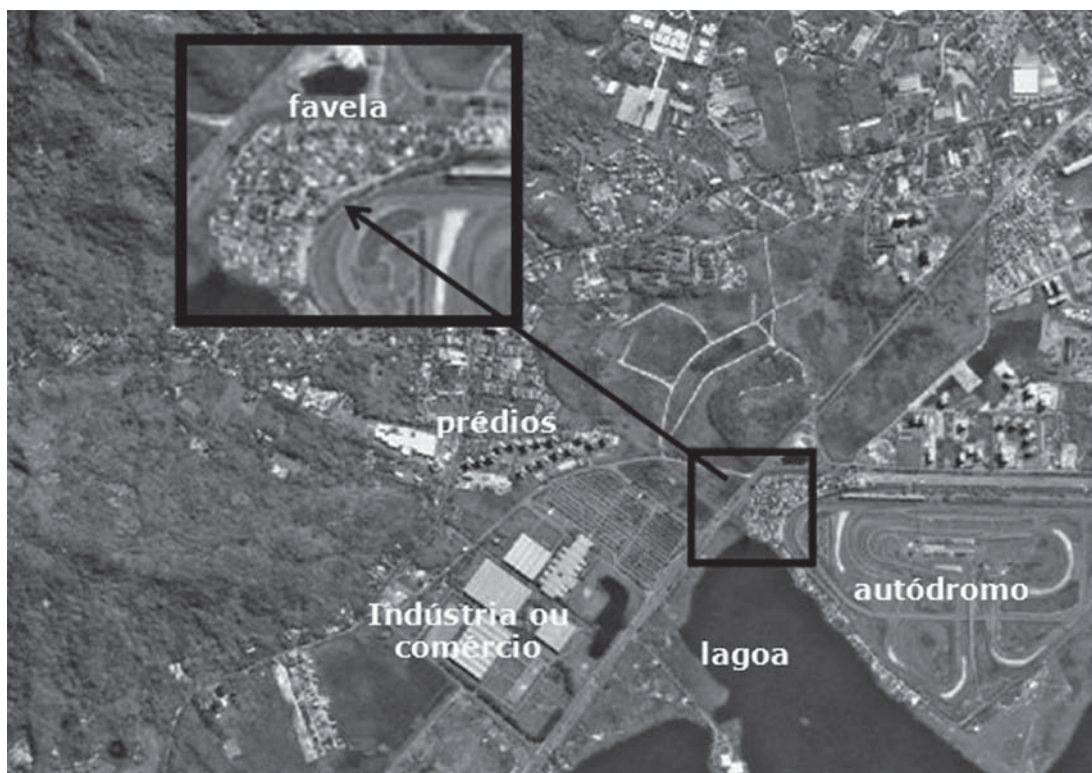


Figura 13.1: Imagem SPOT-5 (Pan) (25/3/2004) de um setor do bairro da Barra da Tijuca, no município do Rio de Janeiro.

Fonte: GEA/LAGEPRO/UERJ (2004).

A *tonalidade* cinza é um elemento utilizado para interpretar fotografias ou imagens em preto e branco. Quanto mais luz ou energia um objeto refletir, a representação tenderá ao branco. Quanto menos energia refletir (absorver mais energia), 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 13.2**, uma imagem de satélite Landsat-7 com o recorte espacial do município do Rio de Janeiro. Nela, podemos observar a água limpa (círculo 1) e a mata verde e densa (círculo 2), 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 (círculo 3), com tons de cinza semelhantes (cinza-médio mais escuro). Ambas possuem uma vegetação de menor tamanho (mais rasteira) e a reflectância torna-se diferenciada das áreas com vegetação densa (mata). 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, ainda observando as tonalidades de cinza da imagem de satélite da **Figura 13.2**, podemos observar que a área urbana (círculo 4), que reflete muita energia neste canal, é representada com tonalidades claras de cinza.

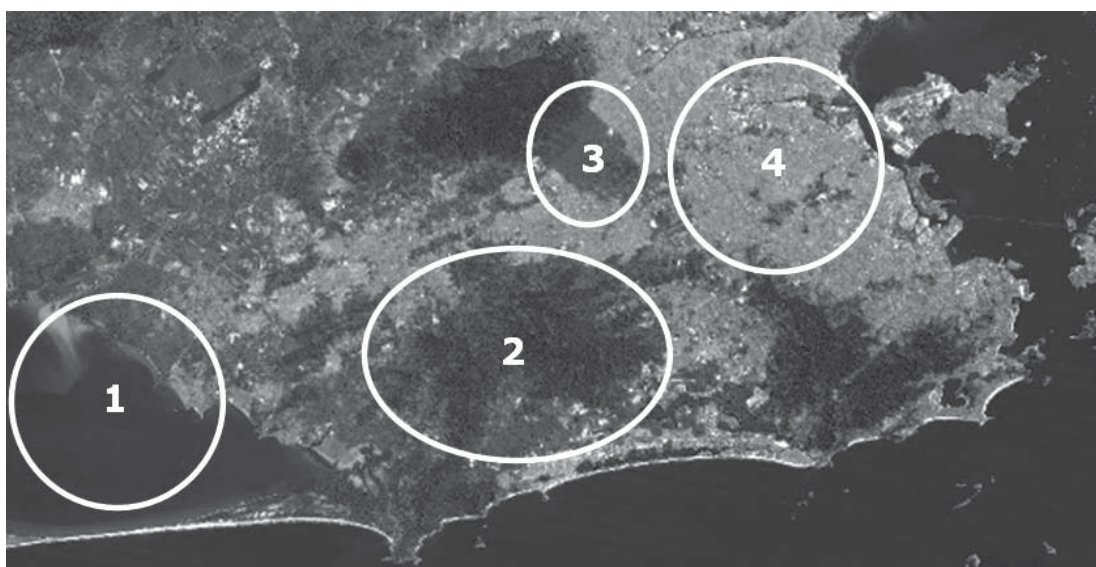


Figura 13.2: Imagem de satélite do município do Rio de Janeiro, obtida no canal 3 pelo ETM-LANDSAT-7, 1998.

Fonte: GEA/LAGEPRO/UERJ (2004).

A *cor* é outro elemento muito usado na interpretação de fotografias e imagens. Em uma imagem colorida, a cor do objeto vai depender da quantidade de energia que ele refletir (no canal correspondente à imagem), da mistura entre as cores (processo aditivo) e da cor que for associada às imagens originais em preto

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



Figura 13.3: 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. Como você pode observar, a vegetação é representada pela cor vermelha, porque esta cor foi associada ao canal 4, onde a vegetação reflete muito mais energia do que nos demais canais, utilizados nesta composição colorida.

Fonte: GEA/LAGEPRO/UERJ (2004).

Mais um elemento das imagens a ser interpretado é a *textura*, que se refere ao aspecto liso (e uniforme) ou rugoso dos objetos que 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 a interpretação de imagens voltadas ao mapeamento Geomorfológico ou Geológico de uma área.

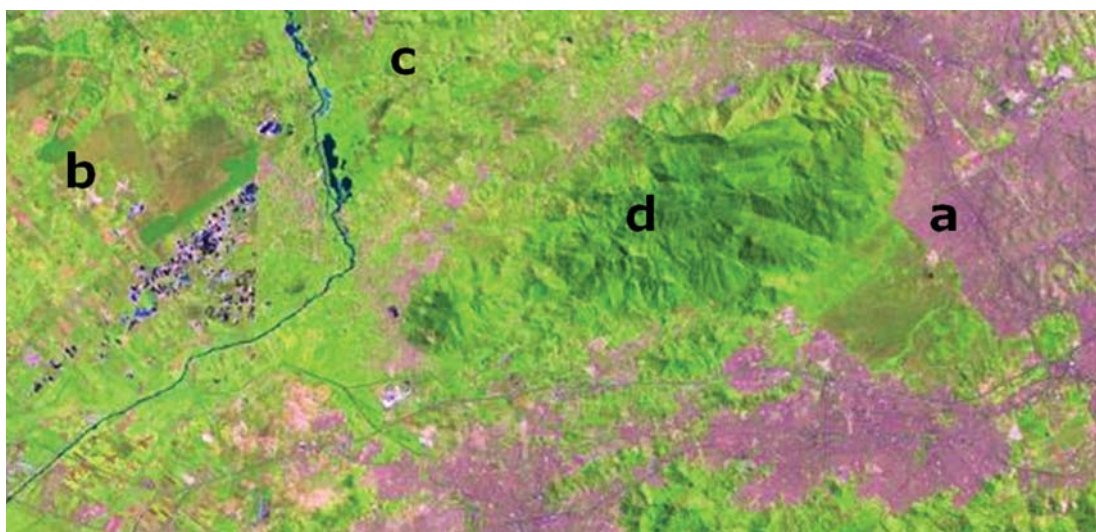


Figura 13.4: Imagem de satélite do município do Rio de Janeiro, com composição colorida (RGB), obtida pelo sensor ETM-LANDSAT-7, 1998.

Fonte: GEA/LAGEPRO/UERJ (2004).

Na **Figura 13.4**, você poderá identificar, através das letras na imagem de satélite, as texturas do relevo.

- a - Textura lisa (cor magenta) representando uma área plana, correspondendo à baixada (planície).
- b - Textura média (cor rosa a verde claro) representando uma área de relevo suave ondulado, correspondente a colinas terciárias pouco movimentadas.
- c - Textura rugosa (cor verde claro) representando uma área de relevo ondulado, correspondente aos morros cristalinos, também denominados de mares de morros.
- d - Textura extremamente rugosa (cor verde escuro), representando uma área de relevo montanhoso e escarpado (maciço litorâneo).

Importante destacar 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.

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.



Figura 13.5: Imagem SPOT-5 (Pan). 25/3/2004, de um setor do bairro da Barra da Tijuca, município do Rio de Janeiro.

Fonte: Cortesia GEA/LAGE-PRO/UERJ (2004).

A área sombreada, na **Figura 13.5**, 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.

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 etc.

A *forma* é um elemento de interpretação tão importante, que alguns objetos, feições ou superfícies são identificados apenas com base nesse elemento.

- 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 13.6: Imagem do satélite Quickbird sobre o Vaticano (Roma – Itália), de 24 de agosto de 2004. É possível distinguir, em função do tamanho, a praça central do prédio principal da cúpula do Vaticano, além das formas diferenciadas entre este e as outras edificações no entorno, as ruas e os jardins periféricos que fazem parte do complexo.

Fonte: <http://www.landinfo.com/Quick-Bird.htm> (cortesia DigitalGlobe).

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 500km de diâmetro (FLORENZANO, 2002).

Segundo Florenzano (op. cit.): formas irregulares, de um modo geral, são indicadoras de objetos naturais (matas, lagos, feições de relevo, pântanos, geleiras etc. – **Figura 13.7**), enquanto que formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem (indústrias, aeroportos, áreas de reflorestamento, áreas agrícolas etc. – **Figura 13.8**).

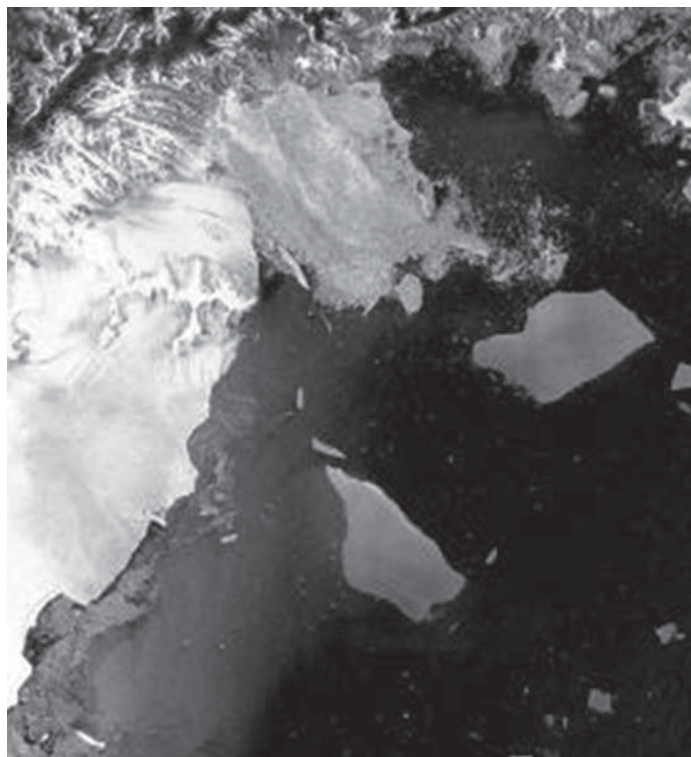


Figura 13.7: Imagem ASAR da península Antártica, adquirida em 19 de março de 2002. O rompimento da placa de gelo Larsen B, de 3.300km² na Antártica, observado pelo satélite ENVISAT.

Fonte: http://www.engesat.com.br/pub/fckeditor/Image/Envisat/asar1_Ink.jpg

Segundo o *site* da empresa ENGESAT (<http://www.engesat.com.br>), a imagem ASAR da **Figura 13.7** possui 400km de largura e 150km de resolução espacial (ver Aula 12) e mostra a “quebra-deira” geral do gelo em milhares de icebergs, que se movem em direção ao mar de Weddell. A sequência de imagens RADAR, adquirida desde 1992 pelo ERS e agora pelo ENVISAT, desta e de outras placas de gelo é indicação importante sobre as mudanças climáticas nas regiões polares. Estas observações são significativas, não somente em termos de estudo da dinâmica das calotas de gelo e da interação do gelo e do clima, mas igualmente para o entendimento dos fenômenos de circulação oceânica global.



Figura 13.8: Extrato, em plena resolução LANDSAT 7 ETM+, de cena 221-077, de 17 de setembro de 1999, Fusão PAN+5-4-3, 15 m de resolução espacial, mostrando área de reflorestamento para recomposição de mata ciliar, acompanhando drenagem (rios).

Fonte: <http://www.engesat.com.br/pub/fckeditor/Image/amostras%20Landsat%207/reflora.jpg>



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. Observe a imagem de satélite do estádio do Maracanã a seguir e, colocando-se no lugar de um fotointérprete, analise os seus elementos visuais (padrão, tonalidade, cor, forma, tamanho, textura e sombra).

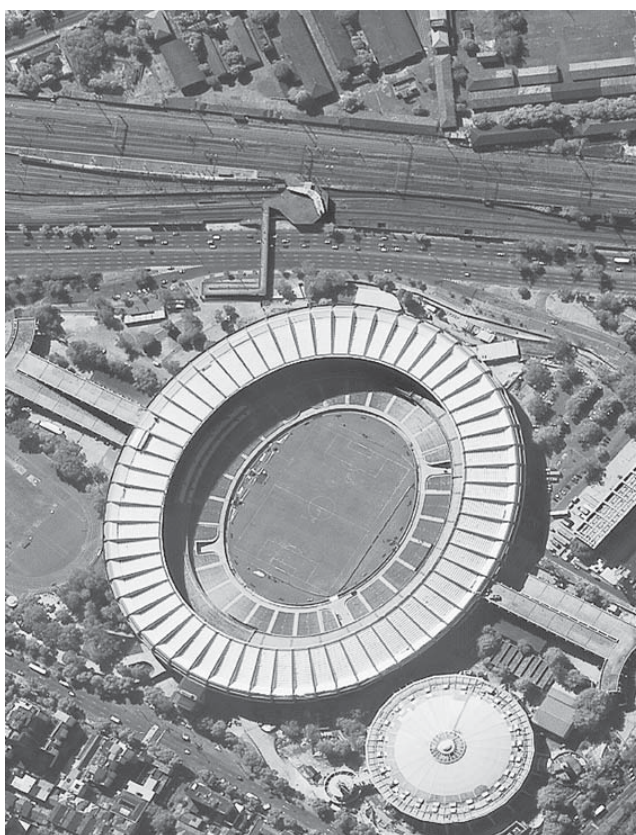


Figura 13.9: A imagem de satélite EROS, cedida pela ImageSat.

Fonte: http://www.imagesatintl.com/files/gallery/Gallery_07_05.jpg

Resposta Comentada

A imagem permite interpretar visualmente elementos como as áreas de sombra nas partes 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 e suas rampas laterais, comparado ao complexo do Maracanãzinho. Na parte superior da imagem, também existe a forma e o tamanho dos trilhos do trem e 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 estacionamentos, 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 dessas áreas também contrastam com a parte superior do complexo poliesportivo, das áreas de natação, das pistas de corrida e dos estádios do Maracanã e Maracanãzinho.

Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens, ou PDI, tipicamente 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:

Algoritmo

É uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, cada uma das quais pode ser executada mecanicamente em um período de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita. (...) Não representa, necessariamente, um programa de computador, e sim os passos necessários para realizar uma tarefa. Sua implementação pode ser feita por um computador, por outro tipo de autômato ou mesmo por um ser humano.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>

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).

O PDI concentra-se no processamento de imagens no formato digital (foto, sinal de televisão ou de vídeo e no caso do sensoriamento remoto, de uma imagem de satélite ou fotografia aérea). Vimos na Aula 12 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 13.10**. A imagem digital é geralmente representada através de uma matriz bidimensional (ou com mais dimensões para imagens coloridas ou multiespectrais) de valores numéricos.

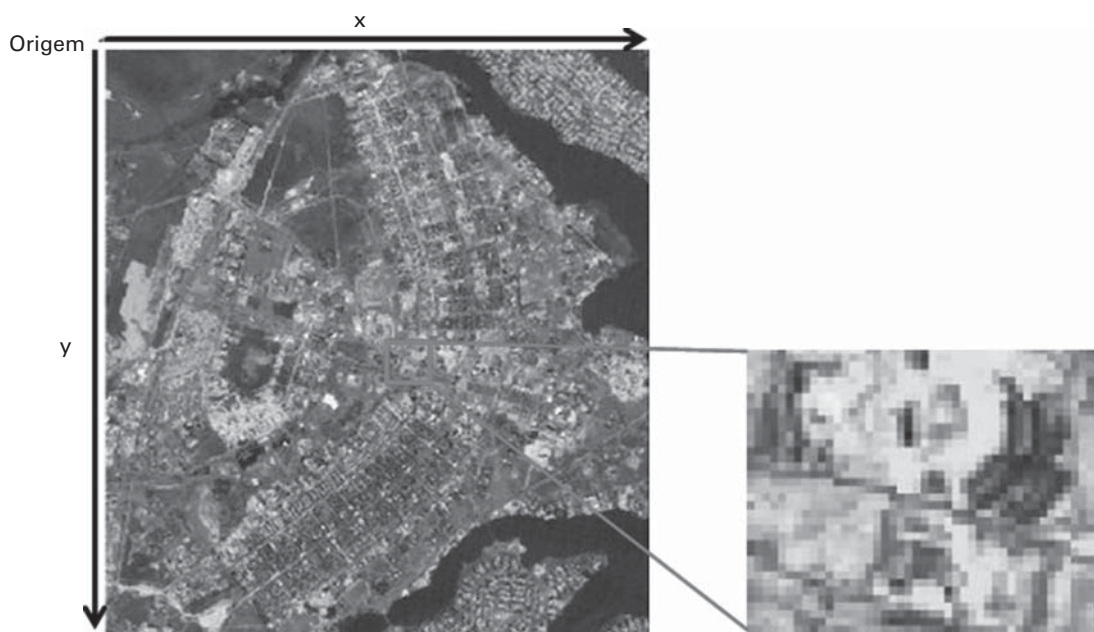


Figura 13.10: Imagem de satélite monocromática (Landsat 5 TM – banda 3) de Brasília, demonstrando a matriz bidimensional (x,y) e o recorte de uma parte da imagem (pixels representando um trecho da matriz em tons de cinza).

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 seja constituída pela classificação ou descrição desta. 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 de áreas turísticas na natureza, onde podem ser melhor visualizados o relevo, a drenagem ou as áreas de floresta.

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 fac-símile; 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 etc.

O uso de imagens multiespectrais de satélites – como Landsat, CBERS (satélites de baixa resolução), SPOT, IKONOS e QUICKBIRD (satélites de alta resolução), NOAA (satélites meteorológicos), MODIS (satélites científicos) ou similares – tem-se mostrado uma valiosa técnica para a extração dos dados destinados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais, e não está sendo diferente para o turismo.

A obtenção das informações espectrais, registradas pelos sistemas 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*, que será descrita a seguir, *realce* e *classificação*, descritos mais adiante.

O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e remoção de ruído. O pré-processamento utiliza algumas etapas, que nem sempre precisam ser aplicadas todas elas. Um exemplo de etapa que nem sempre é preciso realizar é a segmentação.

A segmentação pode ser realizada usando uma das bandas do sensor (como, por exemplo, infravermelho), cujo resultado deverá ser a limpeza e a filtragem, a fim de o reconhecimento ou a interpretação da imagem, com o intuito de se produzir um mapa (resultado) final. Constitui um processo de análise de *pixels* de forma isolada. Esta abordagem apresenta a limitação de a análise pontual ser baseada unicamente em atributos espectrais. Para superar estas limitações, propõe-se o uso de segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, quando são extraídos os objetos relevantes para a aplicação desejada.

Essas etapas podem ser resumidas no fluxograma da **Figura 13.11**. Se analisarmos cada uma dessas etapas e aplicarmos um exemplo em sensoriamento remoto, como o uso de imagens para a pesquisa turística de uma cidade, o resultado será um mapeamento dos atrativos históricos, culturais, dos acessos principais etc. A aquisição de imagens pode ser feita através do satélite de observação da Terra, que fornece imagens diretamente em formato digital, eliminando a fase de digitalização.

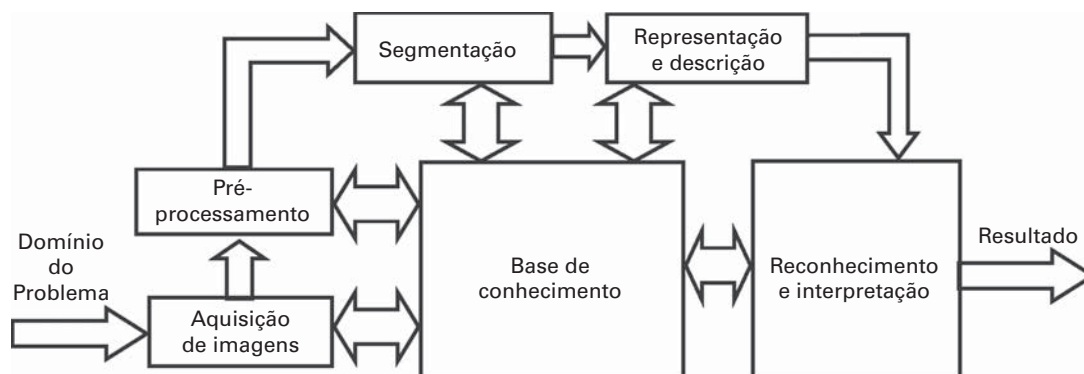


Figura 13.11: Etapas do pré-processamento até o resultado final (interpretação da imagem de satélite traduzida em mapa) em sensoriamento remoto.

Fonte: Maillard (2001).

É na fase do pré-processamento que 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, 2005).

Alguns tipos de pré-processamento digital de imagens serão demonstrados nesta aula através do software SPRING (INPE), disponível para baixar em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>. É só você fazer um cadastro para o *download* e seguir as instruções de instalação, sem nenhum custo. O software possui manuais e tutoriais que podem ser acessados *online*. Há ainda uma ajuda virtual disponível no *menu* da barra de ferramentas, bastando clicar na opção “Processamento de imagens...” (**Figura 13.12**). Neste item, há conceitos sobre as técnicas utilizadas e dicas de como manipulá-las no SPRING.

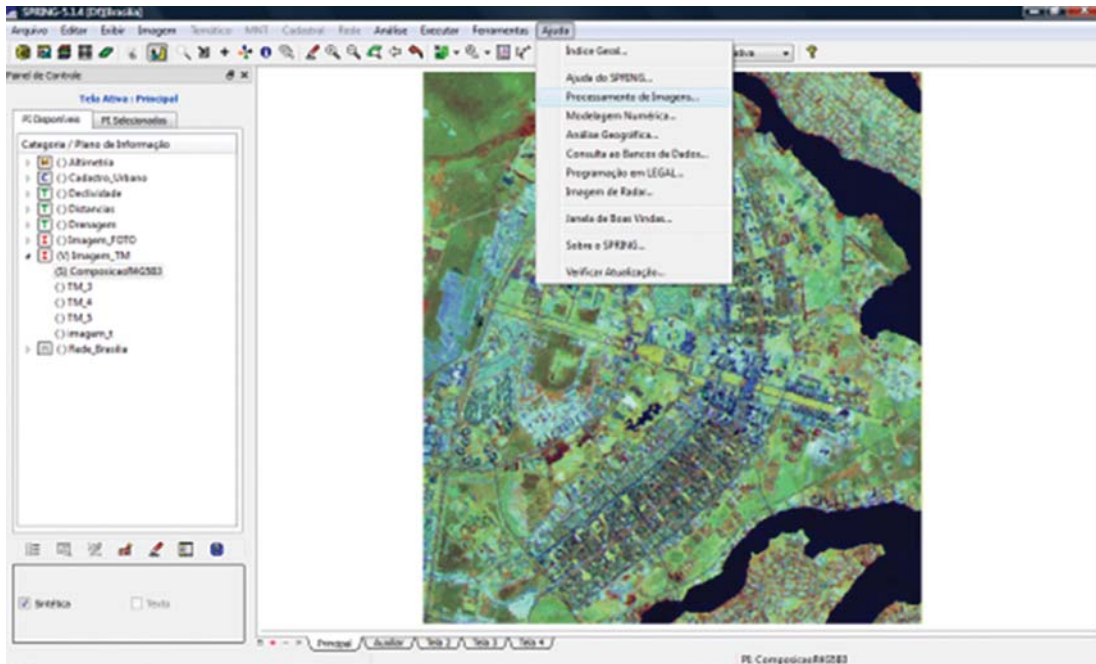


Figura 13.12: Menu de ferramentas com a opção “Ajuda” no software SPRING (INPE) e o item de “Processamento de imagens...”, que pode ser acessado para entender como realizar vários tipos de ajustes nas imagens de satélite.

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite Landsat 5 TM – composição colorida (sintética – RGB) – de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

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 (como demonstra a **Figura 13.13**). 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.

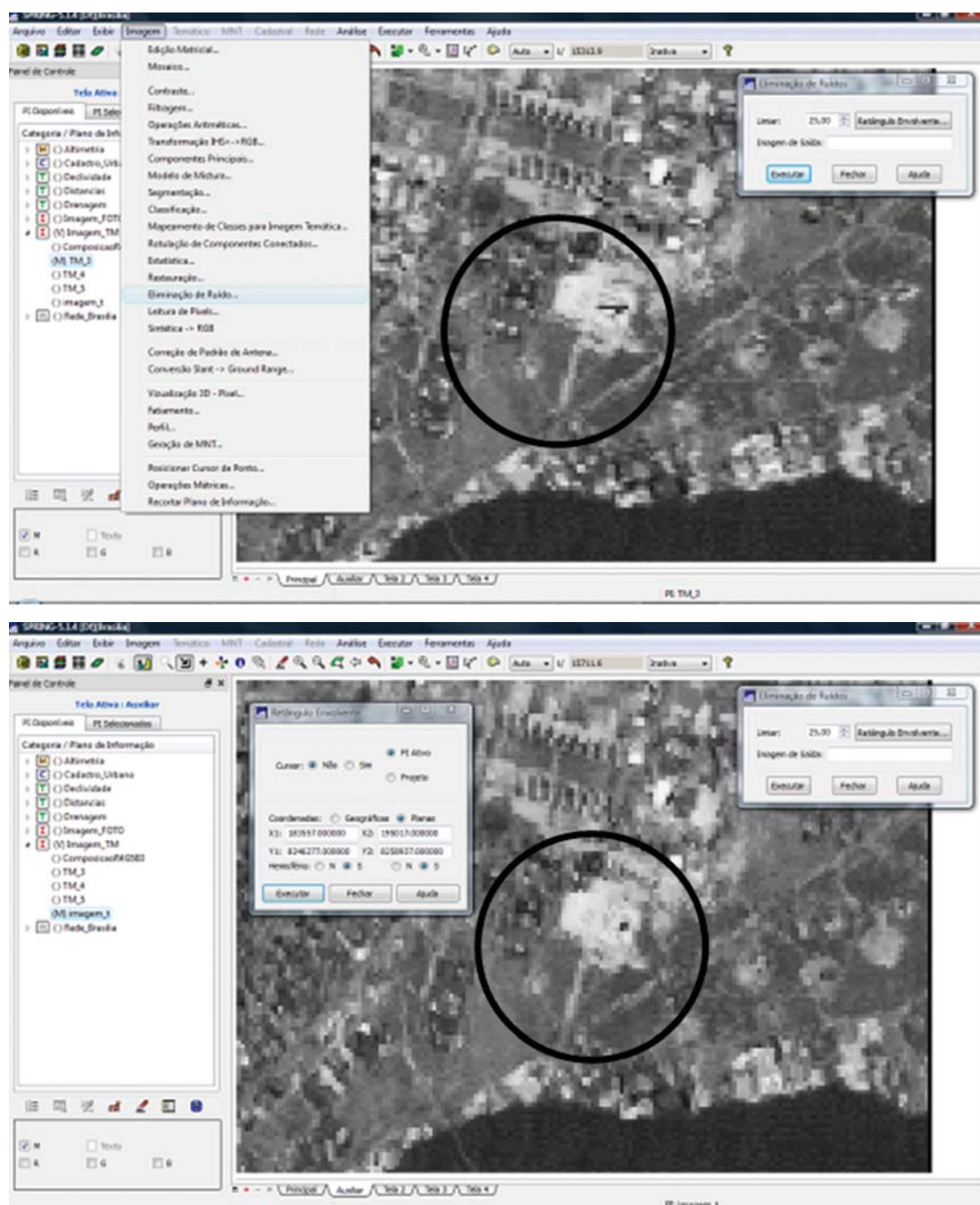


Figura 13.13: Processo de “Eliminação de Ruídos”, realizado no SPRING, tendo como objetivo eliminar ou reduzir os pontos de ruído na imagem, gerando uma imagem mais “limpa”.

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5TM, banda 3 - monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

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 – pretas ou saturadas – brancas). Estes pontos podem aparecer distribuídos aleatoriamente ou de forma sistemática (listras verticais e horizontais). Como é possível ver na **Figura 13.13**, a área com o círculo demonstra que o ruído aparecia tanto na forma de listra horizontal preta quanto em alguns pontos brancos e pretos aleatórios, que apareciam na parte superior do círculo. Todos foram ajustados após a realização da função de eliminação de ruídos.

O realce de imagem ocorre quando os dados de satélites, uma vez processados, possuem contraste espectral de baixa qualidade visual. Para melhorá-la, um conjunto de procedimentos deve ser realizado. 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 próximo de zero (tonalidade mais escura) e os mais altos, para próximo 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).

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>

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”. Ele fornece a informação de quantos *pixels* possuem um

determinado objeto em uma imagem. Você viu na Aula 12 que uma imagem de 8 bits é definida entre 0 (preto) e 255 (branco) e isto é mostrado no 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 um NC, referente a um objeto qualquer da imagem. Normalmente, temos no eixo X a distribuição dos NC e no eixo Y a frequência em que ocorrem (veja figura a seguir).

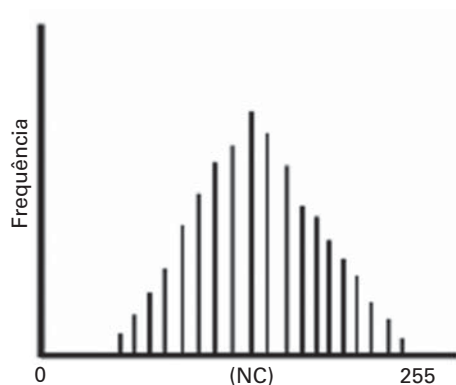


Figura 13.14: Exemplo de histograma.

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. Um histograma de duas bandas, ou *scattergrama*, como é mais conhecido em sensoriamento remoto, permite analisar visualmente o grau de correlação entre duas bandas e decidir sobre o tipo de técnica de aumento de contraste a ser aplicado em imagens multiespectrais.

A forma do histograma fornece informações importantes, como a intensidade média e o espalhamento nos eixos x (NC) 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 a seguir ilustra esta distribuição dos NC.

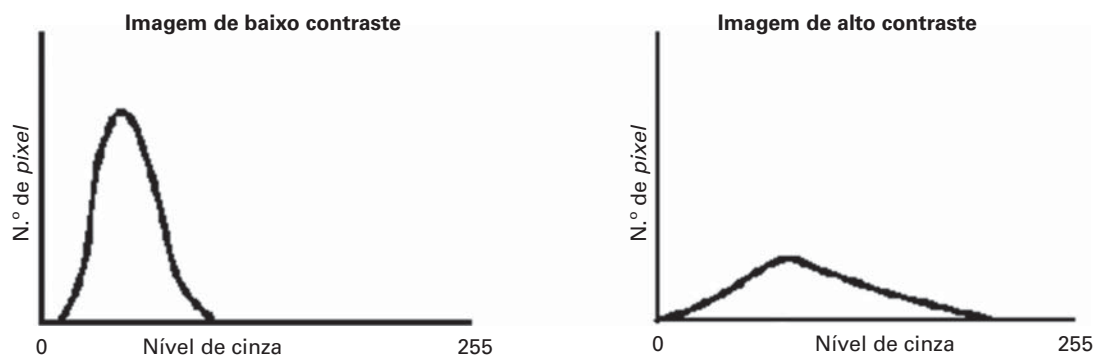
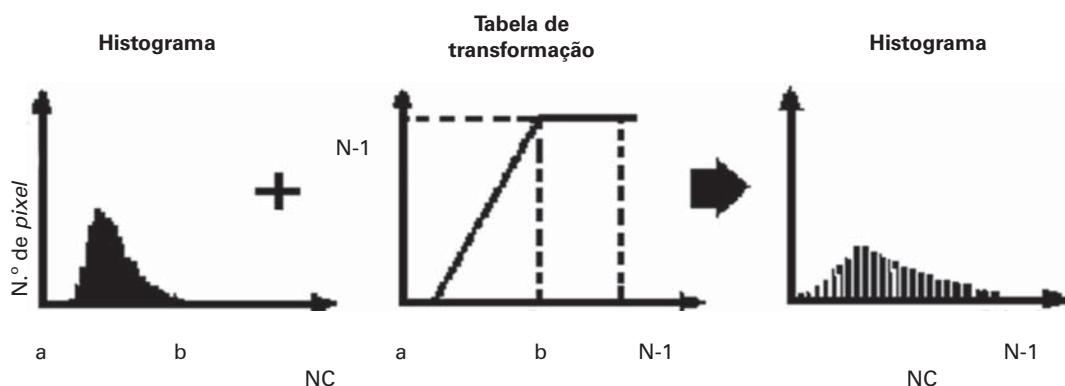


Figura 13.15: Exemplo de histogramas com contraste baixo e alto.

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.

A figura a seguir exemplifica um realce de contraste, onde alguns níveis de cinza, situados entre 0 serão mapeados para 0 e aqueles entre b e $N-1$ serão saturados em $N-1$. Após a transformação radiométrica, teremos um histograma da imagem de saída com frequências em 0 e $N-1$, que representarão uma distribuição maior dos NC em relação ao intervalo original.



Onde NC = nível de cinza

Figura 13.16: Exemplo de histograma e sua tabela de transformação radiométrica para realizar o realce de uma imagem.

Fonte: SPRING (2006).

Para demonstrar o efeito comparativo de todas as transformações, vamos continuar aplicando as técnicas de realce e fazer algumas correções, utilizando o histograma na mesma cena Landsat 5TM de Brasília – DF, que já vem instalada no banco de dados do SPRING, quando este é baixado da internet.

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 SPRING (**Figuras 13.17 e 13.18**).

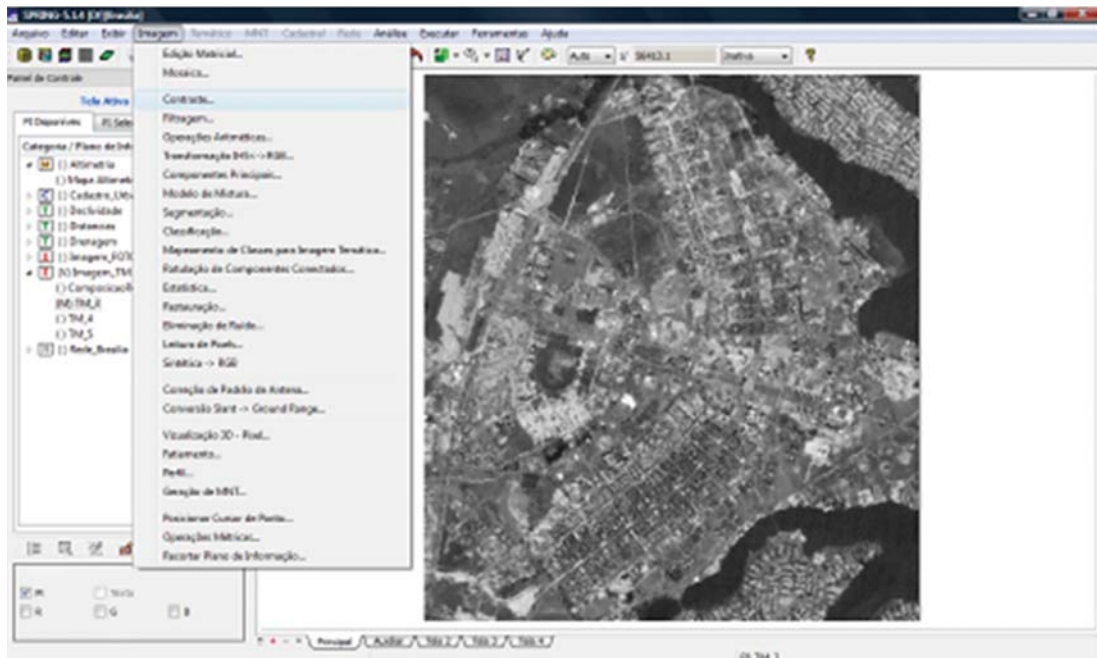


Figura 13.17: Menu de “Imagem” e “Contraste...” do SPRING 5.1 para a imagem Landsat 5 TM (utilizando a banda 3) do banco de dados do DF.

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5TM, banda 3 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

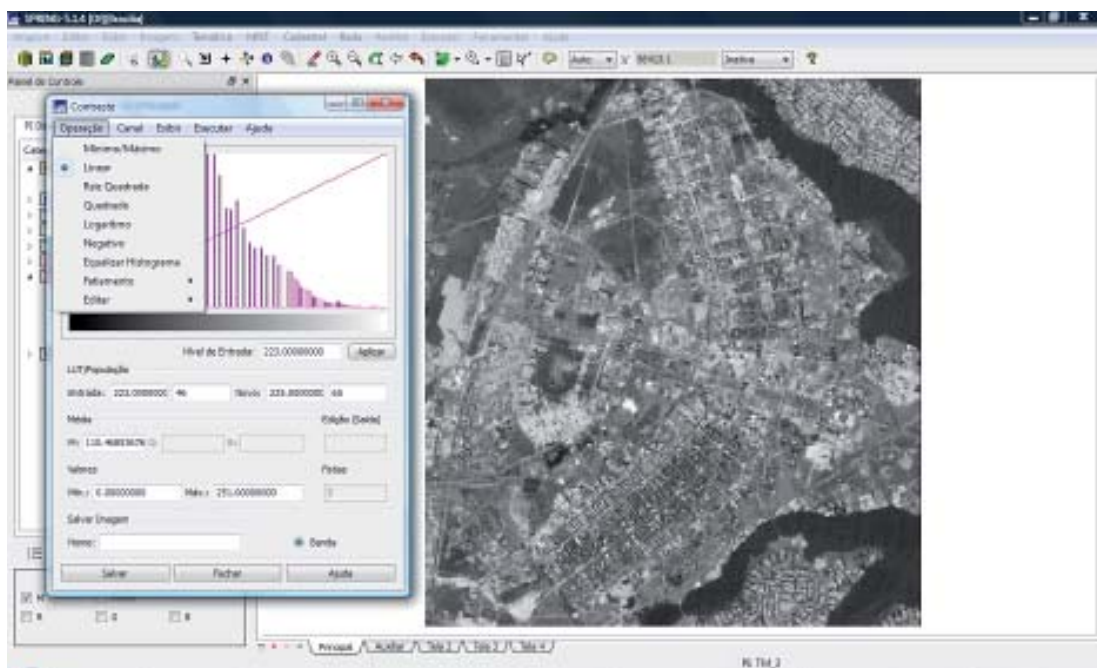


Figura 13.18: Ao clicar na opção “Contraste...”, “Linear” (o contraste mais comum e simples), abrirá uma janela com o histograma. Existem várias operações de contraste disponíveis no menu “Operação” dessa janela, bastando escolher uma delas para realizar o realce da imagem.

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5TM, banda 3 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

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 se 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.

Se mudarmos o contraste para utilizarmos a opção de transformação por *Raiz Quadrada*, iremos aumentar o contraste das regiões escuras da imagem original. A função de transformação é representada pela curva, como mostra a **Figura 13.19**. Observe que a inclinação da curva é maior quando são menores os valores de níveis de cinza.

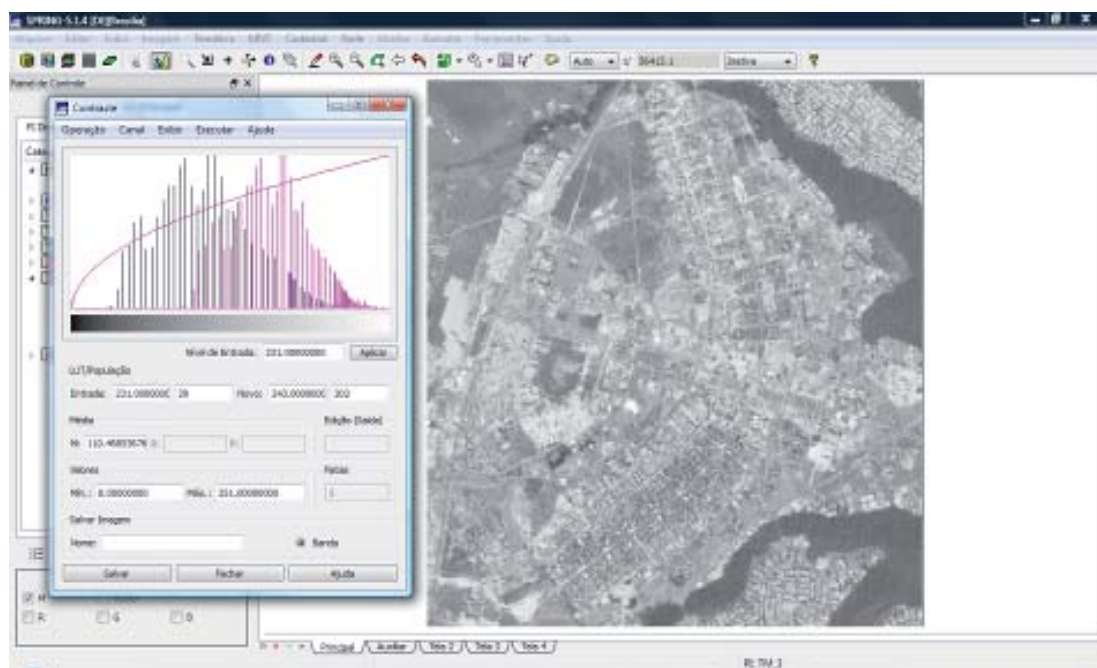


Figura 13.19: Operação de contraste “Raiz Quadrada”. Note que a imagem ficou mais clara do que estava no contraste linear (veja no histograma os resultados justapostos em um único gráfico das diferenças entre as duas operações).

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5TM, banda 3 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

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 borramento 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.

O processo de filtragem utiliza matrizes, denominadas máscaras, que são aplicadas sobre a imagem. Exemplo: à imagem original, formada por uma matriz de 512 linhas por 512 colunas de valores numéricos, é aplicada uma máscara matricial de três linhas por três colunas; a cada valor da matriz 3x3 da máscara corresponde um peso.

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. No caso da filtragem linear, estão disponíveis máscaras para os filtros passa-baixa e passa-alta, descritos a seguir.

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.

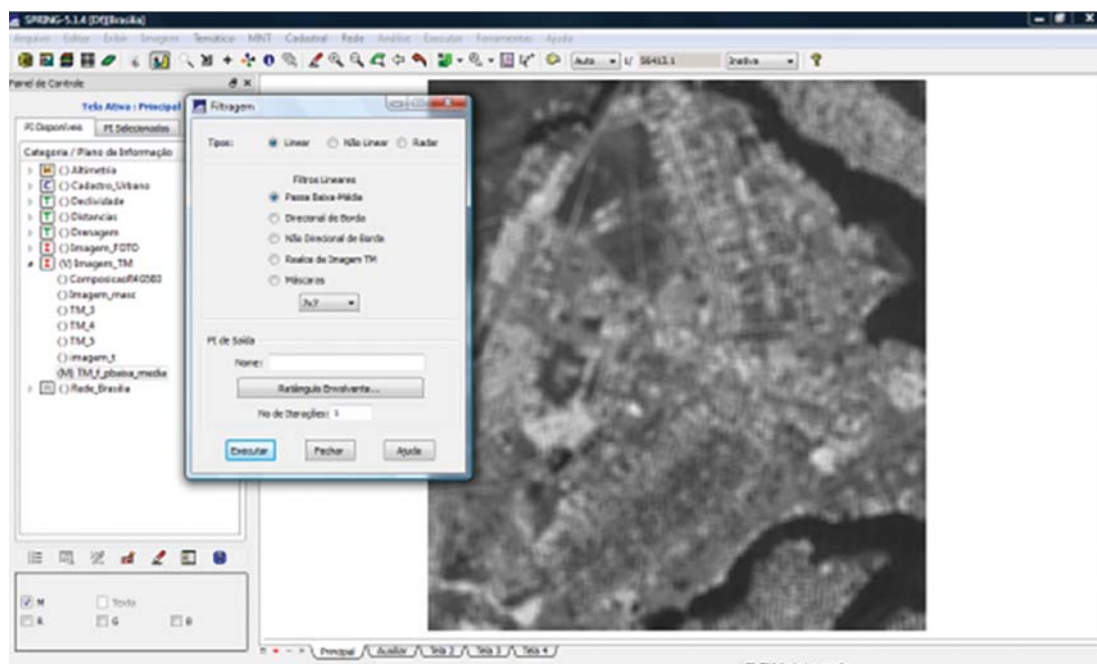


Figura 13.20: Exemplo de um filtro passa baixa-média 7x7, realizado no SPRING. Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5 TM, banda 3 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

O efeito visual de um filtro passa-baixa é o de suavização da imagem e a 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 borrramento 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 13.21**). O *pixel* que terá seu valor digital substituído pela aplicação da máscara, corresponde à posição sombreada.

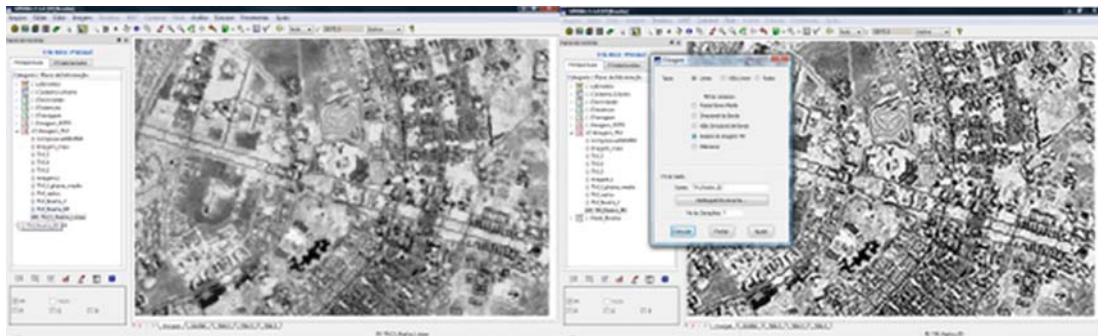
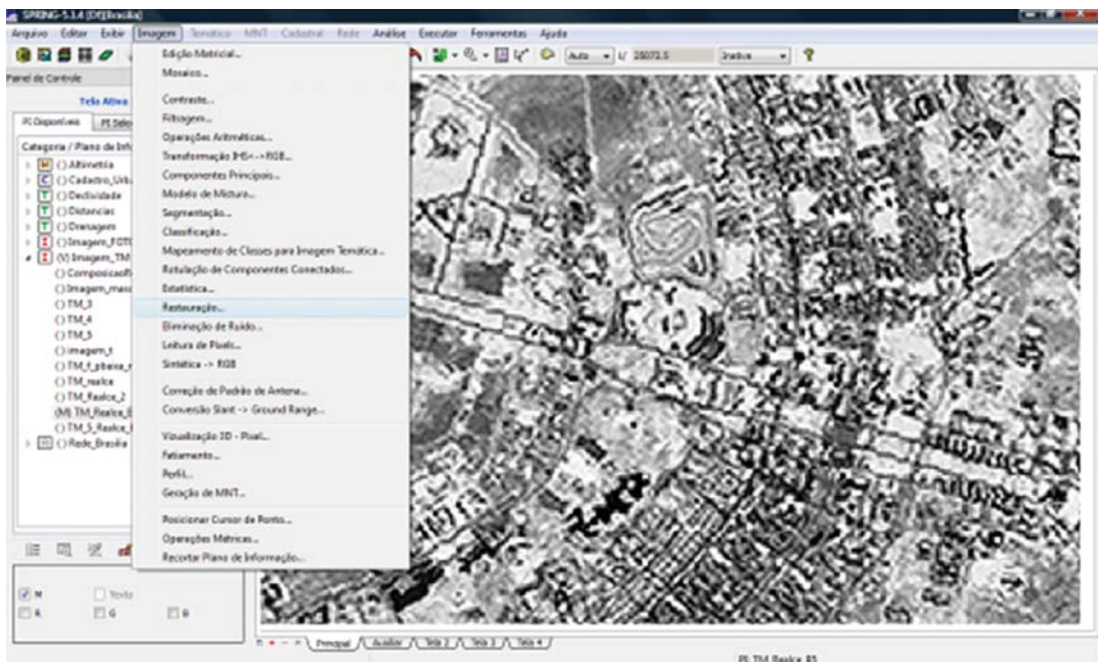


Figura 13.21: As figuras mostram duas cenas do satélite Landsat 5 (usando a banda 5): a da esquerda é a imagem original, realçada linearmente, e a da direita corresponde à mesma imagem, porém, resultante da aplicação do filtro Realce de Imagem TM citado acima.

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5TM, banda 5 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

O acesso à função de Restauração (**Figura 13.22**), no menu principal do SPRING, somente será possível quando houver imagens em um projeto sem projeção cartográfica, o que garante que as mesmas não foram reamostradas.



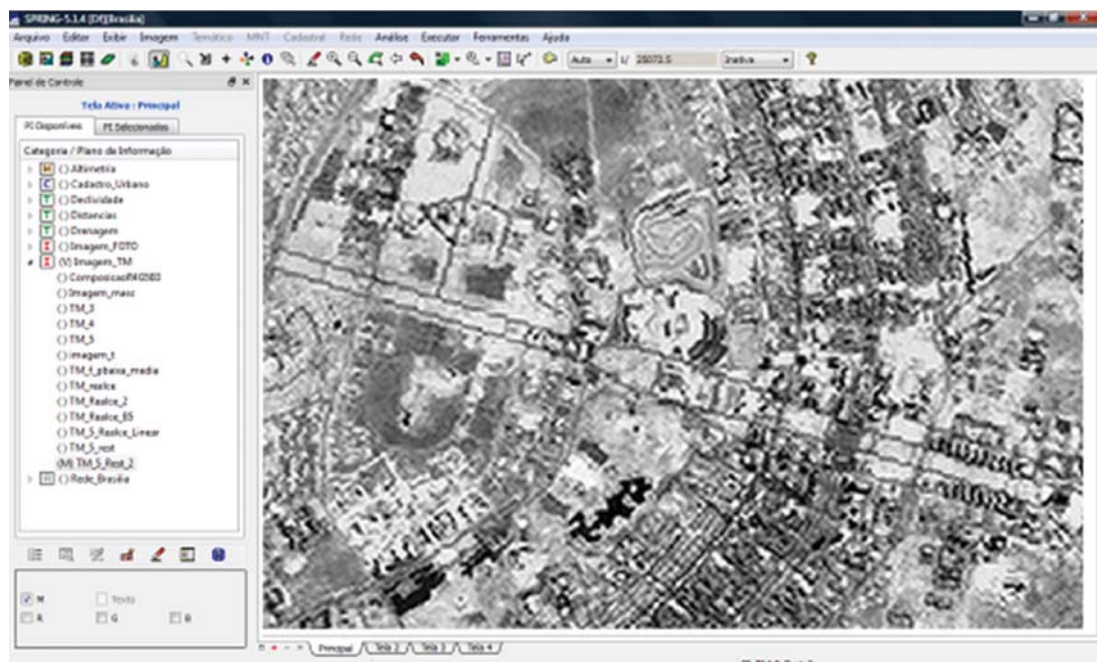


Figura 13.22: As figuras anteriores mostram duas imagens TM-5 (original com 30 metros e restaurada com 10 metros).

Fonte: Vivian Costa (2010), baseado em SPRING (2006), imagem de satélite (Landsat 5 TM, banda 5 – monocromática) de Brasília – DF (Banco de Dados INPE/DPI).

Após processar as bandas desejadas, você poderá exportá-las (formato RAW ou TIF) ou converter para GRIB (através do módulo “Impima”) do SPRING (com a nova resolução gerada pela restauração) e posteriormente efetuar o registro.

A transformação (correção) geométrica através do registro da imagem é a operação do pré-processamento que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. No SPRING, este sistema de referência é, em última instância, o sistema de coordenadas planas de uma certa 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 clara entre registro

e correção geométrica. 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 35.000km², podemos restringir a imagem para um pouco mais de 200km² 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 a sua interpretação.



Para saber mais sobre Interpretação Visual e Processamento Digital de Imagens de Satélites, basta acessar o *site* <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sr1.htm>

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 este pode optar por fazer uma interpretação direta sobre uma imagem realçada. Mas tais técnicas serão estudadas por você na Aula 25, sobre classificação de imagens.



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. O pré-processamento, apesar de ser uma etapa necessária em alguns casos no sensoriamento remoto, principalmente para realçar imagens de satélite que apresentam falta de contraste, ruídos e interferências indesejadas, permite também melhorar a forma e o tamanho da imagem, a fim de diminuir as possibilidades de erro na sua interpretação visual e no seu processamento digital, através de softwares de SIG.

Para consolidar ainda mais os conceitos sobre os tipos de pré-processamento, relacione os conceitos numerados abaixo:

(1) Pré-processamento

(2) Retificação geométrica

(3) Registro de imagem

(4) Realce de imagem

(5) Redução de dimensionalidade

(6) Ruído na imagem

() Corresponde à falta de informações da energia refletida em uma área no terreno e mostrada na imagem digital. Provocado por uma falha momentânea no sistema de registro da energia, no instante em que o sensor orbital está imageando a área.

() É a correção (georreferenciamento) que visa eliminar dois tipos de erros, que, frequentemente, ocorrem nos dados de satélites: os devidos ao movimento do satélite e aqueles determinados pela curvatura da Terra.

- () Consiste na preparação dos dados de satélite, empregando técnicas com vistas a melhorar a qualidade dos dados. Uma das quatro fases distintas da análise de dados digitais.
- () Consiste num conjunto de procedimentos aplicados para melhorar a qualidade visual de uma imagem, e um dos seus tipos mais empregados é a ampliação do contraste de feições na cena (níveis de cinza mais baixos para próximo de zero e os mais altos para próximo de 255).
- () É feito a partir da retificação geométrica, também por ocasião do georreferenciamento dos mapas.
- () Reduzir a abrangência de uma cena, imageada ao tamanho que irá realmente ser trabalhado, reduzindo o tamanho do arquivo e do tempo de processamento no computador.

Resposta Comentada

A correção de erros proporcionados pela passagem dos diferentes tipos de satélites orbitais é uma das mais importantes etapas, principalmente pelos sensores passivos que dependem da luz solar para imagear objetos terrestres cuja reflectância pode causar também efeitos indesejáveis à qualidade da imagem; portanto, os conceitos associados ao pré-processamento, são:

(1) Consiste na preparação dos dados de satélite, empregando técnicas, visando melhorar a qualidade dos dados. Uma das quatro fases distintas da análise de dados digitais.

*Neste caso, é necessário realizar, em alguns casos, as seguintes correções de **ruído na imagem**.*

(6) Corresponde à falta de informações da energia refletida em uma área no terreno e mostrada na imagem digital. Provocado por uma falha momentânea no sistema de registro da energia, no instante em que o sensor orbital está imageando a área.

Retificação geométrica

(2) É a correção (georreferenciamento) que visa eliminar dois tipos de erros, que, frequentemente, ocorrem nos dados de satélites: os devidos ao movimento do satélite e aqueles determinados pela curvatura da Terra.

Realce de imagem

(4) Consiste num conjunto de procedimentos aplicados para melhorar a qualidade visual de uma imagem e um dos seus tipos mais empregados é a ampliação do contraste de feições na cena (níveis de cinza mais baixo para próximo de zero e os mais alto para próximo de 255).

Registro de imagem

(3) É feito a partir da retificação geométrica, também por ocasião do georreferenciamento dos mapas.

Redução de dimensionalidade

(5) Reduzir a abrangência de uma cena, imageada ao tamanho que irá realmente ser trabalhado, reduzindo o tamanho do arquivo e do tempo de processamento no computador.

Conclusão

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

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.

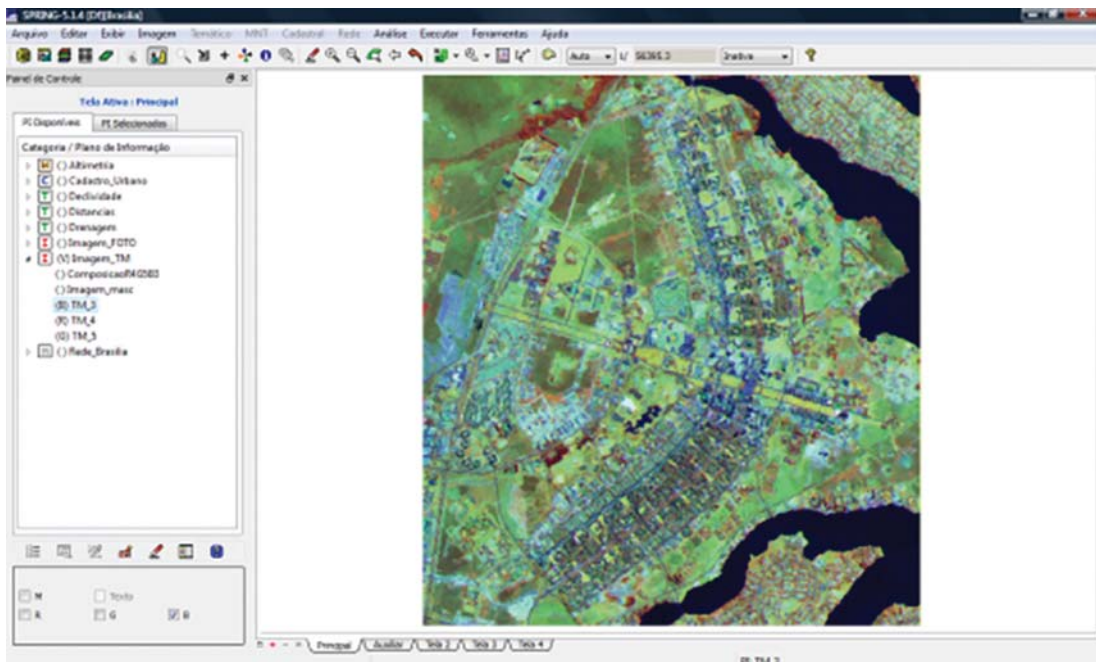


Atividade Final

Atende aos Objetivos 1 e 2

Quando utilizamos uma composição colorida do satélite Landsat-5 na qual você associa a cor azul à banda do infravermelho médio (TM3), a verde à região do vermelho (TM5) e a vermelha ao infravermelho próximo (TM4), isso faz com que a vegetação fique representada com uma cor diferenciada, qual seria essa cor (ou cores)?

Utilize como referência a imagem a seguir, do Distrito Federal, que vem no banco de dados do SPRING também para interpretar visualmente pela forma, tamanho, cor, tonalidade e padrão os demais elementos (objetos terrestres) vistos na imagem.

[illegible]

Resposta Comentada

Se usarmos o recurso da composição colorida para o processo de identificação dos objetos representados nas imagens de satélite, chamado de interpretação, notaremos que os objetos poderão ser identificados por meio dos seguintes aspectos: cor, forma, tamanho, textura (impressão de rugosidade) e localização. Assim, por exemplo, se usarmos uma imagem de satélite do Distrito Federal (como as utilizadas no decorrer da Aula 13), você poderá identificar que a vegetação típica de cerrado (mais aberta e seca) seria representada pela cor verde. No entanto, a vegetação mais fechada e menos seca estaria em tons avermelhados e as áreas de reflorestamento, em vermelho-escuro e forma regular (geométrica).

O elemento da forma pode ser visualizado no lago Paranoá (no canto inferior direito da figura), o padrão dos prédios e ruas pavimentadas do plano urbanístico desenvolvido para Brasília, onde se vê a forma de um avião, planejado para a cidade. A textura, impressão de rugosidade, não é muito visualizada, já que se trata de um relevo plano (planalto). No entanto, no canto superior esquerdo podemos perceber um pequeno número de árvores (na cor vermelha) em volta de uma área de drenagem, tratando-se, portanto, de alguns remanescentes de uma mata ciliar.

Resumo

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. A interpretação visual de fotografias aéreas ou fotointerpretação é feita com base em certas características que, no caso de dados orbitais, o fotointérprete também deverá se basear, tais como: padrão, tonalidade, cor, textura, forma, tamanho e sombra. 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 deve ser constituída pela classificação ou descrição da mesma, 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, através do registro da imagem; e a redução da dimensionalidade.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos mais sobre outros tipos de satélites orbitais, os satélites que auxiliam no posicionamento global de nossa localização na Terra, ou seja, do Sistema de Posicionamento Global (GPS), e como ele se aplica ao turismo. Até lá!

14

Técnicas de uso do GPS (*Global Positioning System*) e suas aplicações no turismo

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Apresentar o histórico de criação do GPS, passando pela utilização de sua tecnologia, até suas formas de aplicação no turismo.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1** descrever o conceito de satélites de GPS e o seu histórico de criação;
- 2** avaliar a importância do GPS para os estudos turísticos.

Introdução

Você viu nas aulas anteriores que os satélites artificiais são uma tecnologia que está cada vez mais a nossa disposição. Além de facilitar a comunicação, os satélites colaboram com o estabelecimento de uma cartografia digital, captando imagens e criando mapas, através do uso de softwares e hardwares de processamento digital.

Mas será que os satélites podem nos dizer qual a nossa localização na superfície da Terra? Sim, eles não só captam imagens dos objetos refletidos na superfície terrestre, mas também existem satélites que conseguem captar e enviar a nossa localização, através de coordenadas geográficas.

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

O GPS 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 do mesmo com referência às coordenadas terrestres.

Nesta aula, você vai aprender como este sistema funciona em seus vários segmentos: espacial, de controle e de navegação. Vai ver também como ocorreu sua evolução ao longo do tempo, desde sua criação, além de suas várias aplicações, principalmente no turismo.

O GPS e seu histórico de criação

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi projetado e desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA (US DoD), que em 1973 criou o Sistema NAVSTAR/GPS (*NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System* – **Figura 14.1**), utilizado até os dias atuais. Os satélites GPS, construídos pela empresa Rockwell, foram lançados em fevereiro de 1978 (Bloco I)

e o último satélite foi lançado em janeiro 2007. Inicialmente, ele foi concebido para a navegação com propósitos militares, mas somente em 1991 o GPS entra em operação e em 1993 atinge um número de satélites, orbitando ao redor da Terra, suficiente para seu funcionamento.

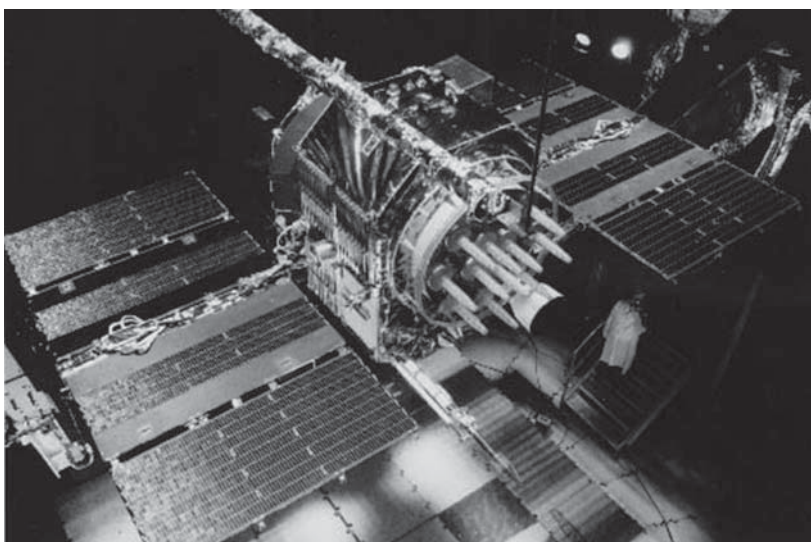


Figura 14.1: Mais de 50 satélites NAVSTAR já foram lançados desde 1978.
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Posicionamento_Global

Mas o sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995. Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares. Consiste em uma “constelação” de 28 satélites, sendo 24 operacionais, pois 4 satélites são sobressalentes, uma vez que entram para reposição quando há problemas com algum deles.

A órbita desses 24 satélites ocorre em 6 planos, a partir do equador em direção aos polos. Cada um 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 14.2) e constantemente difundem o tempo preciso e a nossa localização, enviados para os aparelhos receptores de GPS e as estações remotas existentes ao redor do planeta (são os três segmentos do sistema), como você irá verificar a seguir.

Relógio atômico

Tipo de relógio que usa um padrão ressonante de frequência como contador. É um medidor de tempo que funciona baseado em uma propriedade do átomo.

Como um pêndulo de relógio, o átomo pode ser estimulado externamente (no caso por ondas eletromagnéticas) para que sua energia oscile de forma regular. Ele é considerado o mais preciso já construído pelo homem, e mesmo assim atrasa: 1 segundo a cada 65 mil anos.

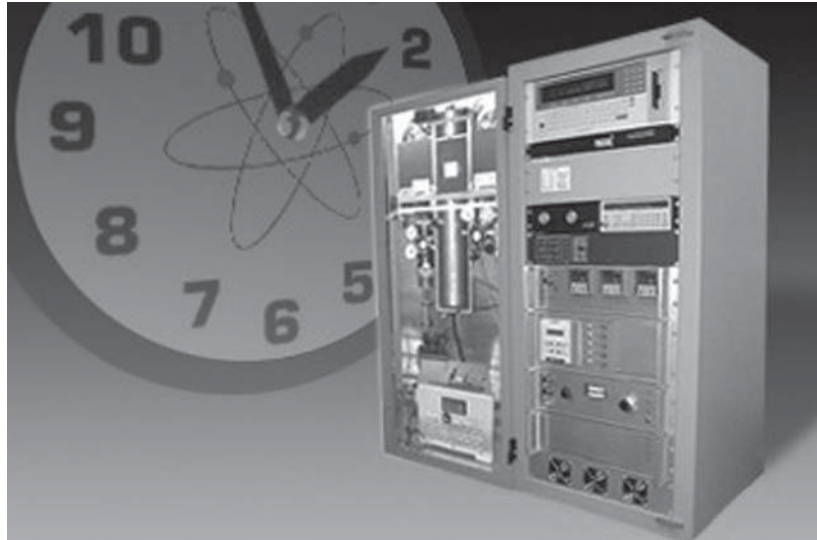


Figura 14.2: Relógio atômico.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Relógio_atômico.

O Sistema GPS consiste de 3 segmentos:

- a) O segmento espacial: a constelação de 24 satélites que compõem o GPS que orbitam ao redor da Terra e que estão distribuídos nas 6 órbitas, a mais de 20.000km de distância. São 6 planos orbitais com 4 satélites cada em um período de revolução de 12 horas siderais (a rotação da Terra possui 1 dia sideral, ou seja, 24 horas). Com esta configuração, em qualquer ponto da superfície da Terra há no mínimo 4 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.

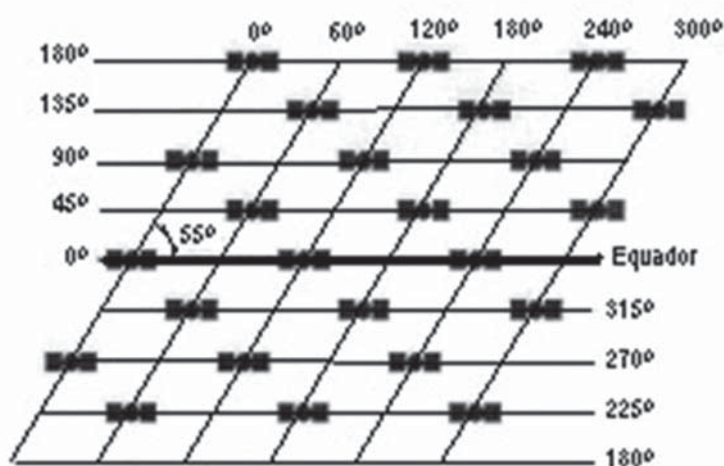


Figura 14.3: Satélites de GPS e sua órbita terrestre.

Fonte: Vivian Costa (2010).

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 transporta informações sobre a posição precisa do satélite e a hora em que o sinal é transmitido, pois o receptor GPS, ao recebê-lo, determina o tempo exato que este levou no percurso e o cálculo da distância percorrida (realizado multiplicando esse tempo pela velocidade da luz);
- emitir dois sinais ultraestáveis de frequência, modulados em fase, através dos códigos denominados *pseudoaleatórios*, sobre as duas frequências específicas do sistema.

b) O segmento de controle: consiste em estações em controle localizadas nos EUA e algumas antenas de transmissão espalhadas pela Terra. As estações de controle, distribuídas ao longo do globo, monitoram todos os satélites GPS, sendo compostas por um grupo de três antenas de solo e cinco estações terrestres, localizadas

Códigos pseudo-aleatórios (pseudo-random code)

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

Efemérides

Mensagens constantemente transmitidas por cada satélite e contêm importantes informações, como o estado do satélite (operando ou não) e mensagem, com a data e a hora atual, ou seja, é a parte do sinal essencial para a determinação da posição.

no Havaí, atol de Kwajalein (ilhas Marshall), Ascension Island (território inglês entre o Brasil e África), atol de Diego Garcia (localizado no coração do oceano Índico) e Colorado Springs (no estado do Colorado, EUA), sendo esta última a estação de controle central, a qual calcula as **efemérides** dos satélites, bem como os coeficientes de correção dos relógios atômicos (determinando erros), e passando para as estações de transmissão. Outra função importante é determinar as órbitas de cada satélite e prever a sua trajetória nas 24 horas seguintes. Esta informação é enviada para cada satélite para depois ser transmitida por este, informando o receptor do local onde é possível encontrar o satélite.

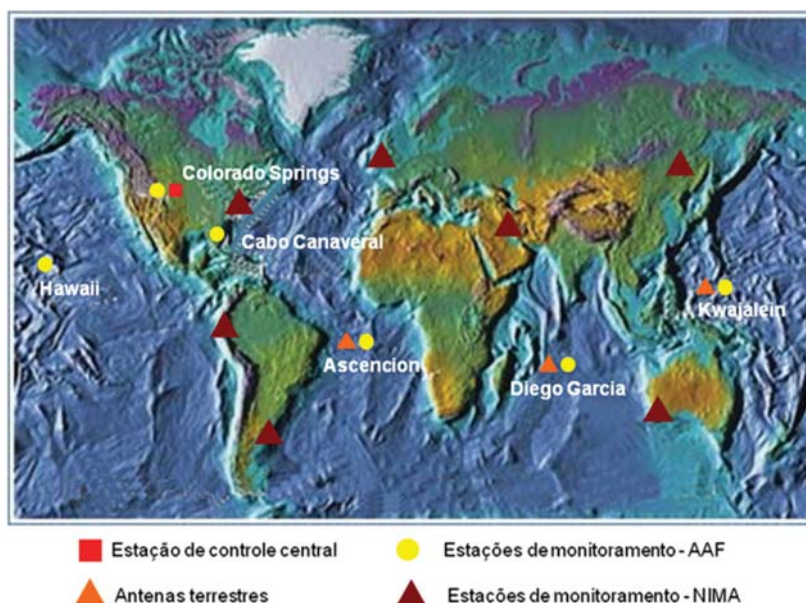


Figura 14.4: Segmento de controle – estações terrestres para envio e transmissão de dados para os satélites e destes para o receptor de GPS.

Fonte: Vivian Costa (2010), adaptado de <https://www.e-education.psu.edu/natureofgeoinfo/book/export/html/1620>

- c) O segmento receptor e seus usuários: envolve, portanto, os receptores (aparelhos de GPS) e antenas que recebem as informações dos satélites e calculam a sua posição precisa e a velocidade. Os usuários dos receptores são civis e militares. Os receptores são capazes de registrar as medidas de **pseudodistâncias**, ou seja, dos códigos e de fase, com base nas duas frequências L1 e L2, transmitidas pelos satélites (segmento orbital). Os códigos pseudoaleatórios da portadora L1, com código C/A (*Coarse/Acquisition code*), são os mais utilizados pelos receptores disponíveis para os civis. No entanto, os receptores que possuem portadora L1 e L2 (com código P – *Precision code* ou código Y – gerado a partir de equação secreta) pode ser um código que sofre alterações pelo controle, sempre que o governo americano desejar (**código encriptografado**), o que acaba sendo limitado para civis e utilizado apenas por militares autorizados. Os GPS atuais estão utilizando um segundo código, modulado a portadora L5 com uma frequência que tem oferecido melhor precisão aos receptores GPS (veja box). Já o código C/A não é encriptado. A maioria dos receptores civis usa o código C/A para receber e estocar as informações provenientes do segmento de controle (terrestre) e retransmitir informações (mensagens ou *efemérides*) à Terra.

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 (equivale ao cálculo de três distâncias), mas a quarta observação então é necessária para haver a sincronização.

Código criptografado ou encriptado

Mensagem que usa técnicas de cifragem ou com uma lógica que possui chave para sua decodificação.

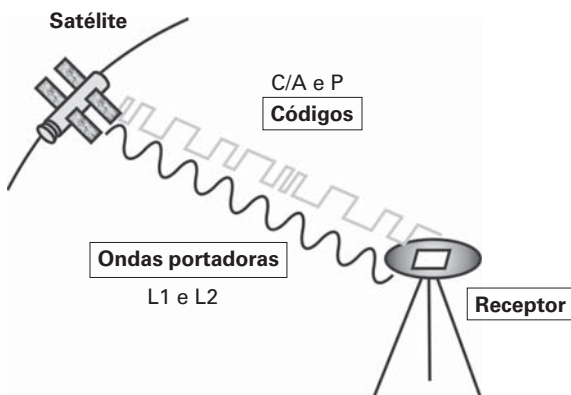


Figura 14.5: Estrutura dos sinais pseudoaleatórios e dos códigos encriptados (C/A e P) com a representação da pseudodistância dos satélites para um receptor (GPS).

Fonte: Do autor.



Novo satélite do sistema GPS inaugura a transmissão na frequência L5 – 27/3/2009

Mais moderno do sistema GPS, foi lançado no dia 25 de março, o satélite IIR-20M, inclui diversas melhorias em relação aos modelos anteriores, permitindo melhor *performance* nas operações e na navegação para usuários militares e civis, pois transmitirá em uma nova frequência, o sinal civil L5. (...)

Começam os primeiros testes com o novo sinal L5 do sistema GPS – 21/6/2010

O primeiro satélite do bloco GPS IIF, lançado em 27 de maio, já começou a transmitir o novo sinal de navegação L5 nos esforços para a modernização da constelação GPS para usuários civis, cujo sinal é transmitido em uma frequência específica para aplicações de segurança da vida humana (*safety-of-life*). (...)

Fonte: <http://www.mundogeo.com.br>

O receptor GPS utiliza um “almanaque” para dispor seus dados. Os dados do almanaque informam ao receptor onde estará cada satélite GPS, em qualquer hora do dia. Cada satélite transmite os dados do almanaque, mostrando a informação orbital para aquele satélite e para todos os demais satélites no sistema.

Resumindo, cada satélite transmite uma mensagem que essencialmente diz: “Eu sou o satélite número X, minha posição atual é Y e esta mensagem foi transmitida na hora Z”.

Para determinar a sua posição, o receptor GPS compara a hora em que o sinal foi transmitido por um satélite com a hora em que ele foi recebido pelo receptor GPS. A diferença de tempo mostra ao receptor GPS o quão longe está aquele satélite em particular.

Se incluirmos as medições de distâncias de alguns satélites a mais, então poderemos triangular a nossa posição. Isto é exatamente o que um receptor GPS faz.

Com um mínimo de três satélites, o receptor GPS poderá determinar a latitude e a longitude da posição, que é chamada de fixo 2D.

Com quatro ou mais satélites, um receptor GPS poderá determinar uma posição 3D, ou seja, latitude, longitude e altitude.

Portanto, é preciso quatro satélites ou mais para ser possível, em tempo real, determinar a posição geocêntrica e o erro de sincronização não ocorrer (medir a pseudodistância simultaneamente). Isso é o que chamamos de posicionamento absoluto. Dependendo da disponibilidade do código P ou do código C/A, a precisão da medida será da ordem de 3 a 10 metros ou de 30 a 100 metros, respectivamente.

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

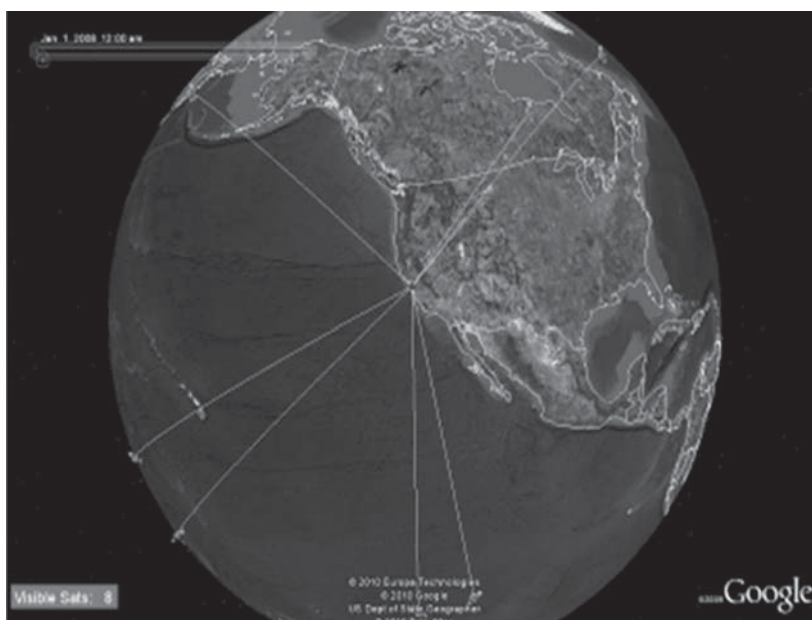


Figura 14.6: Funcionamento do sistema orbital de satélites de GPS, finalizando com a sincronização de mais de 4 satélites (3D) e apresentando a localização do ponto na Terra.

Fonte: Google Earth (2010).

No manuseio do receptor GPS, é necessário levar em conta duas referências geodésicas, o elipsoide de representação da região (e, conseqüentemente, o *datum*) e o sistema de coordenadas.

No Brasil, podem-se utilizar três elipsoides distintos: o Elipsoide mundial WGS84, o elipsoide de Heyford, com o *datum* em Córrego Alegre, e o Elipsoide SAD69, com o *datum* em Chuá. Atualmente vem sendo utilizado outro *datum*, denominado SIRGAS (2000), que você já aprendeu o que é e como funciona em aulas anteriores.

O GPS utiliza como padrão a referência WGS84, sistema mundial, que 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, SIRGAS), ou mesmo pode realizar conversões posteriores, com a utilização de softwares específicos, alguns deles de livre domínio e de fácil obtenção.

Além da escolha do elipsoide de representação da superfície, o usuário deve estar alerta para a escolha do sistema de coordenadas para a leitura das informações. As coordenadas mais usualmente empregadas no Brasil são a UTM (coordenadas planas cuja projeção é a Universal Transversa de Mercator) e a Lat./Long. (coordenadas geográficas ou geodésicas). O GPS pode ser configurado, para apresentar leituras em qualquer um dos sistemas.

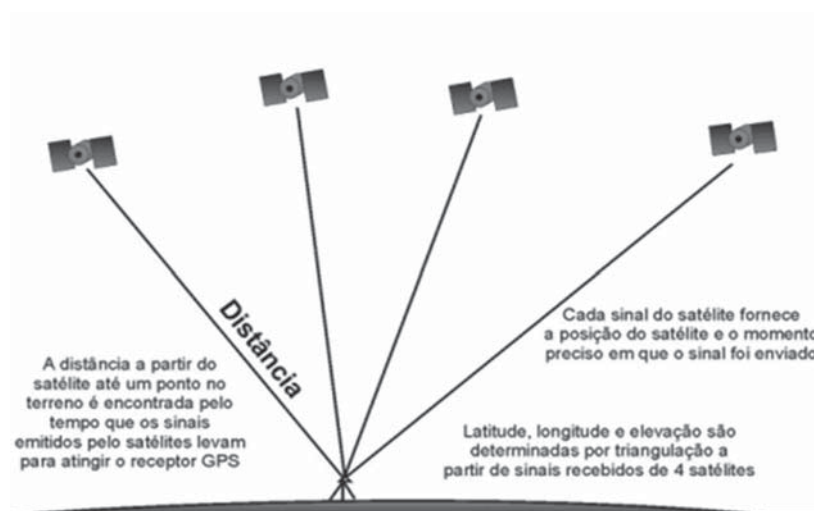


Figura 14.7: Os sinais de 4 satélites ao receptor de GPS determina, por triangulação, a latitude, a longitude e a altitude de um ponto na Terra. A distância é encontrada pelo tempo em que o sinal leva, para chegar até o receptor.

Fonte: <http://www.nara.org.br/servicos/ntp/gps/>

O usuário de GPS deve ter clara a necessidade de definir elipsoide e sistema de projeção para capturar os dados, pois a qualquer momento podem ser realizadas conversões. Mas, se o usuário desconhecer essas diferenças no sistema, pode produzir mapas ou localizar ocorrências de modo inadequado e incorrer em erros cartográficos grosseiros (DUQUE; MENDES, 2006).

Conhecer os três segmentos do GPS pode nos fornecer importantes subsídios, para entendermos as verdadeiras potencialidades e as restrições no uso do GPS, principalmente na sua utilização com as outras ferramentas do Geoprocessamento, como sua integração como os Sistemas de Informação Geográfica na busca da criação dos mapeamentos temáticos voltados ao estudo do turismo.



Atividade

Atende ao Objetivo 1

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 que se leva para calcular a distância de um ponto demarcado na Terra. O aparelho receptor aqui na Terra calcula a sua distância para algum satélite que integra o sistema GPS. O receptor (aparelho de GPS) precisa então da distância em relação a pelo menos mais dois satélites. Com as três distâncias (3 satélites), o aparelho “imagina” três esferas e elas se juntam em dois pontos (mapa bidimensional), quando junta mais 1 satélite, então se tem o ponto tridimensional (latitude, longitude e altitude).

Podemos associar precisão aos mapeamentos temáticos com o uso do GPS?

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

Uma das restrições está nos cálculos realizados pelo sistema, para mensurar o tempo e a velocidade do sinal. Sabendo que a velocidade da luz só é constante no vácuo e como o satélite emite sinais na frequência das ondas de rádio, isso acaba sofrendo degradação quando o sinal passa a ter a interferência da **ionosfera** terrestre, diminuindo sua velocidade e ocasionando erros de cálculo na localização dos pontos de coordenadas. No entanto, os aparelhos GPS tentam corrigir esse atraso. Para se superar os efeitos ionosféricos, é necessária a frequência da portadora L2, pois ela possui uma frequência menor, o que faz sofrer menos com as interferências destes efeitos. Alguns softwares comerciais que podem ser instalados nos aparelhos receptores podem considerar modelos ionosféricos no processamento de dados.

Ionosfera

Parte da atmosfera, ionizada pela radiação solar que se estende de 50 a 1.000km de altitude e, normalmente, engloba tanto a termosfera quanto a exosfera (de 100 a 10 mil km de altitude). É onde se propaga as ondas radioelétricas sobre a Terra e onde ocorre as auroras boreais.

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

Outra região gasosa da atmosfera terrestre que causa a refração dos sinais independente da frequência emitida é a troposfera (**Figura 14.8**). O atraso da propagação pode alcançar um erro de 2 a 5%; portanto, o atraso da troposfera depende de temperatura, umidade e pressão, que variam com a altitude do local.

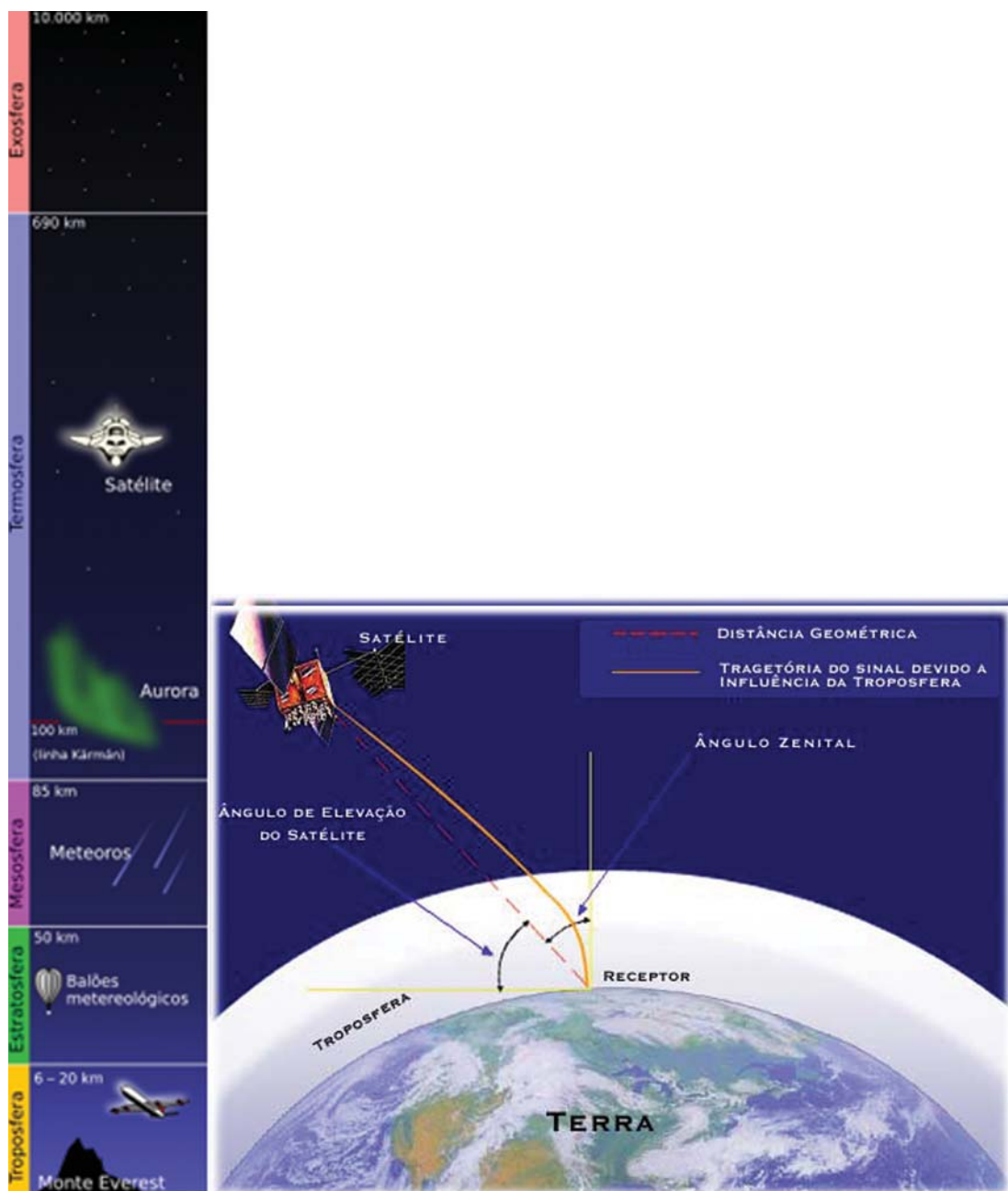


Figura 14.8: Ao “atravessar” a troposfera, há atrasos no sinal do GPS que podem se traduzir em erros de localização do ponto terrestre.

Fontes: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Atmosphere_layers-pt.svg e <http://pituna.cptec.inpe.br/zenital/nota.jsp>

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

O tempo de retardamento corresponde à duração de propagação, somente se existissem dois relógios (do satélite e do receptor), pois como não há então a sincronização, isso não é possível e a distância medida, contém, portanto, erros sistemáticos correspondentes à diferença inevitável entre os dois relógios. Na realidade, como a diferença entre os relógios do satélite e do receptor não é conhecida, introduz uma incógnita ao problema que é determinada, a partir de um quarto satélite.

Outro problema é a criptografia do código P, transmitido pela portadora L1 e L2. Essa codificação proposital é chamada de *Antispoofing* (AS), pois o transforma em código Y, não acessível aos usuários civis. Esse é o sistema de medição, utilizado para a navegação e para fins militares. A finalidade do AS é proteger os receptores de falsos sinais que podem ser transmitidos de rádios inimigos, objetivando o falseamento da solução de navegação.

Uma das fontes de erro do sistema GPS também pode ser provocada pelo homem. É o *Selective Availability* (SA) que é a degradação intencional imposta aos sinais de GPS, que é realizada através da manipulação dos dados das efemérides transmitidas e dos relógios dos satélites. Ele foi implantado pela primeira vez na Guerra do Golfo, em 1990, e desligado no mesmo ano. A degradação do sinal intencionalmente faz com que as coordenadas não sejam calculadas no posicionamento absoluto. A SA foi removida do sinal do GPS em maio de 2000, através de um decreto dos EUA.

Outro fator de interferências e possibilidades de erros de precisão é a disposição geométrica dos satélites. Existem diversos fatores que descrevem a propagação dos erros, são eles:

DoP (*Dillution of Precision*) que 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 pelos satélites em órbita, menor será o DoP. Ou

seja, se considera que a melhor disposição espacial é um satélite no zênite e os outros com ângulos horizontais igualmente espaçados, o que equivale dizer que o DoP é baixo (de maior precisão).

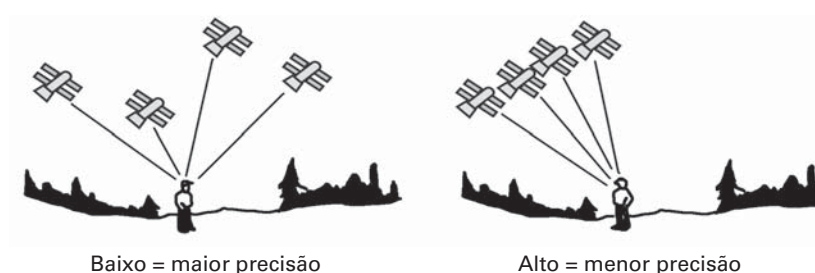


Figura 14.9: Coeficiente DoP, onde a geometria é considerada boa, quanto maior for o volume do corpo sólido, formado a partir do desenho dos satélites no céu e do recebimento do sinal pelo receptor.

Fonte: Do autor.

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

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

Como você viu no início desta aula, com a observação de 3 satélites temos a geometria mínima para a determinação das coordenadas do centro elétrico da antena do receptor.

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 4 satélites.

Então, para a aquisição da posição de determinada latitude-longitude ou coordenada UTM, o receptor GPS precisa somente receber o sinal de 3 satélites, entretanto para a posição de altitude, no mínimo, são necessários receber os sinais de 4 satélites.

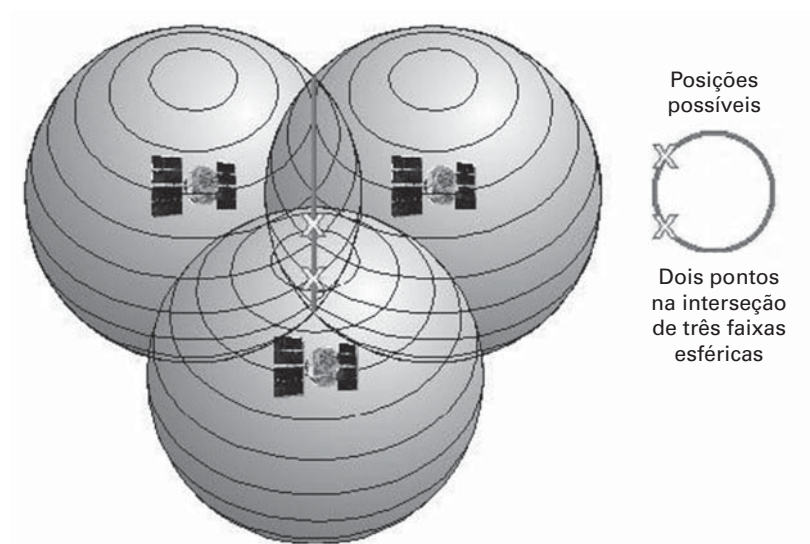


Figura 14.10: Se as distâncias a partir de três satélites são conhecidas, a posição do receptor deve ser um dos dois pontos na intersecção de três faixas esféricas, proporcionando uma posição bidimensional (horizontal). No entanto, quatro satélites são necessários para uma solução de três dimensões (horizontal e vertical).

Fonte: Vivian Costa (2010), adaptado de <https://www.e-education.psu.edu/nature-ofgeoinfo/book/export/html/1620>

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.

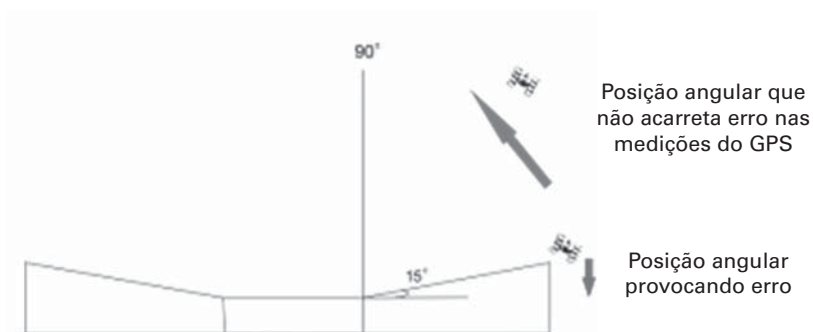


Figura 14.11: *Cut-off-angle* acarreta erros nas medições do GPS.

Fonte: Vivian Costa (2010).

Por fim, outra desvantagem dos GPS receptores é o multicaminhamento (*Multipath*) que eles proporcionam, ou seja, o erro gerado pela reflexão indesejada do sinal GPS em superfícies próximas a antenas receptoras de celulares, TV, torres de eletricidade, superfícies concretadas, como: edifícios, pontes, túneis; barreiras naturais, como: cavernas, vegetação densa (copa de árvores), entre outras. O multicaminhamento é o resultado da interferência entre o sinal refletido, tendo comportamento completamente aleatório e em situações totalmente arbitrárias, afetando o código C/A, P e a fase portadora das observações. Os sinais chegam com código e fase da portadora atrasados, devido à diferença de caminhos percorridos e a maior trajetória, gerada pela reflexão.



Figura 14.12: Multicaminhamento em áreas obstruídas por prédios, torres de eletricidade, árvores, entre outros, pode provocar erros na captação dos sinais do código da portadora, o que acarreta erro na posição do ponto na Terra.

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/162128>

Algumas medidas podem reduzir os efeitos do multicaminhamento, como:

- colocar a antena diretamente sobre o terreno, sem o tripé,
- a fim de eliminar cantinhos indiretos. Mas, mesmo assim, podem ocorrer as reflexões verticais. É recomendado evitar superfícies refletoras próximas dos receptores;
- selecionar antenas que usem a polarização de sinais. Os sinais GPS são polarizados, circularmente, com sentido oposto ao original;
- usar filtros digitais, como: antenas de banda larga, planos de rádio-frequência que reduzam a interferência dos sinais;
- omitir satélites de baixa elevação que acentuam o multicaminhamento em satélites de pequena elevação.

Existem receptores de GPS, instalados em carros, com dispositivos de roteamento, além de relógios, celulares, palmtops e PDA estarem equipados com tal tecnologia.

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 anterior (GPS), diferindo por possuírem um *link* de rádio, utilizado para receber as correções diferenciais provenientes de uma estação-base. Através dessas correções em tempo real, consegue-se eliminar o maior erro do GPS que é o AS, obtendo precisões da ordem de 1 a 3 metros. A estação-base calcula e transmite o erro de cada satélite, através de sinais de rádio. Estes 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 se ter acesso a estes dados em tempo imediato.

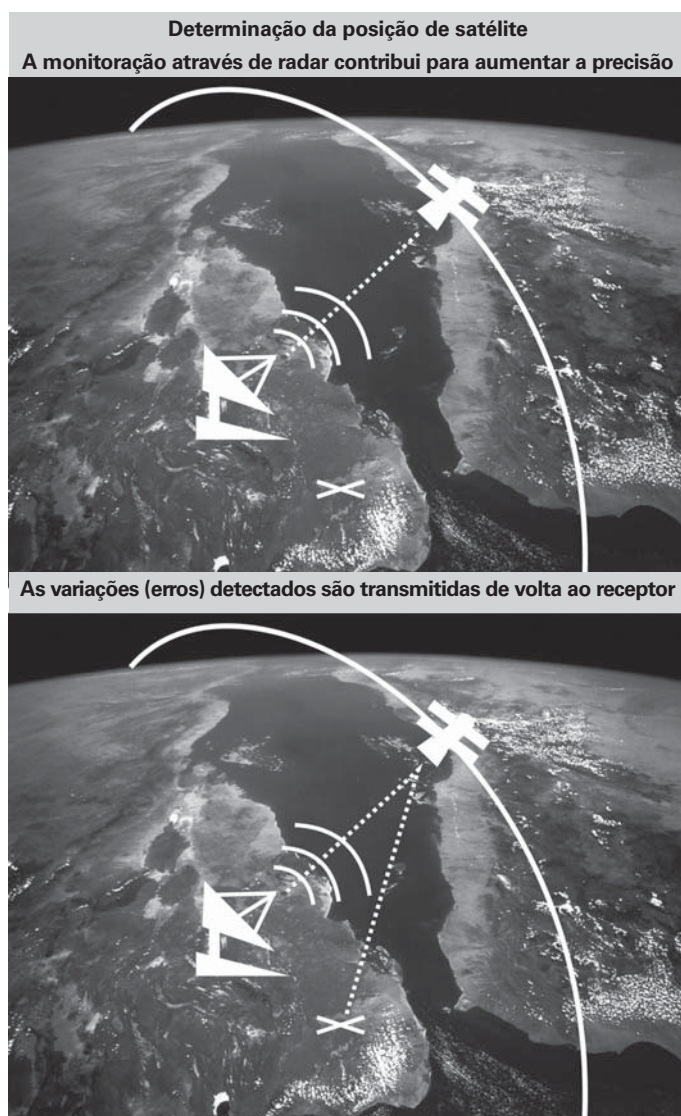


Figura 14.13: Posições corrigidas dos satélites pelas estações terrestres.

Existe também o DGPS pós-processado, que dispensa o *link* de rádio, realizando o processamento em escritório, através de *software*. Neste método, a estação-base registra o erro de cada satélite. A estação-remota também registra suas posições na mesma hora. Mais tarde, esses dados podem ser processados e corrigidos. Existe o posicionamento estático rápido e o diferencial – DGPS ou cinemático.

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. Estes 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 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 zipadas, contendo coordenadas geodésicas e a altura da antena, além de informações para cada dia do ano e a identificação de cada estação.

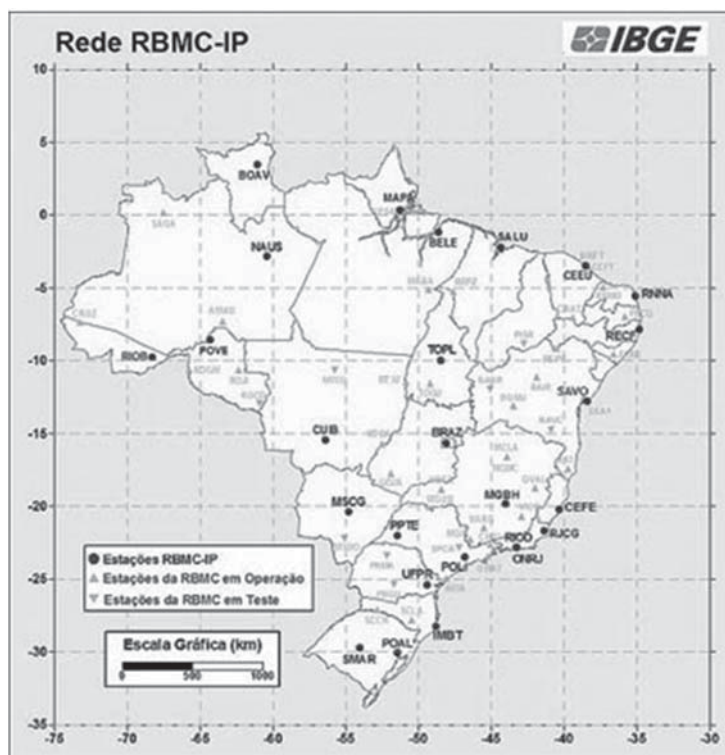


Figura 14.14: O posicionamento do GPS pode ser corrigido pelo sistema relativo estático (estação de RBMC). O IBGE lançou um serviço gratuito, chamado RBMC-IP, que permitirá que usuários de equipamentos de GPS, com acesso à internet sem fio, obtenham coordenadas (latitude, longitude e altitude) em tempo real.
Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/>

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 500 ou 300km. Algumas instituições 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 confecção de mapeamentos digitais temáticos, via SIG, pois as suas aplicações são variadas, tais como a possibilidade de aferir o georreferenciamento (a colocação de coordenadas geográficas ou planas) de imagens de satélite e a criação (apoio a digitalização) de mapas temáticos, como: uso do solo, geologia, geomorfologia, além de cartas es-

peciais, como: as de navegação costeira e aérea, o mapeamento do fundo oceânico, mapas de hidrografia, levantamentos sísmicos e gravimétricos, mapas de mineralogia (provenientes do posicionamento de sensores submersos na prospecção mineral no mar – plataformas continentais costeiras), em mapas de agricultura que exijam precisão, além de calibração de sistemas de retransmissão de dados, entre outros.

Existem ainda os GPS cadastrais, topográficos e geodésicos. Os cadastrais incluem aparelhos que trabalham com código C/A e que possuem funções de SIG, associadas ao GPS, trabalhando com a fase da portadora L1. O pós-processamento é executado nos próprios aparelhos ou através de *notebooks*, *palmtops*, PDA 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 desse equipamento para o GPS de navegação ou ainda para o DGPS é que 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 este sistema, além do IBGE, para o censo demográfico de 2010.

Os equipamentos de GPS topográfico podem ser considerados iguais aos anteriores, ou seja, também realizam trabalhos com a fase da portadora L1 (e código C/A). Contudo, possuem evoluções tecnológicas próprias, como *softwares* de pós-processamento, voltados ao uso de SIG (Sistemas de Informação Geográfica, que será explicado nas próximas aulas), além de acessórios de fábrica, como tripés, antenas externas, mochilas para carregar o equipamento, 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 são aparelhos de dupla frequência, ou seja, tanto recebem na frequência L1 (e código C/A), como na frequência L2 (código C/A ou P), ou seja, sofrem menos interferência da ionosfera e, portanto, são 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 melhor.

O uso do GPS aplicado ao turismo

Hoje em dia, a aplicação do GPS serve a vários propósitos, como por exemplo, aviação geral e comercial, e na navegação marítima. Qualquer pessoa que queira saber a sua posição, encontrar o seu caminho para determinado local (ou de volta ao ponto de partida), conhecer a velocidade e direção do seu deslocamento pode se beneficiar com o sistema. Atualmente, o sistema está sendo muito difundido em automóveis com sistema de navegação de mapas, que possibilita uma visão geral da área que você está percorrendo.



Figura 14.15: Exemplo de GPS instalado no carro.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:KyotoTaxiRide.jpg>

O GPS tem se tornado cada vez mais popular entre ciclistas, balonistas, pescadores, e nas atividades turísticas de um modo geral. Principalmente por seguimentos do turismo de natureza, como, por exemplo, ecoturistas, nas atividades de turismo desportivo, como em voo livre ou por aventureiros que queiram apenas orientação durante as suas viagens.

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 desta ferramenta faz com que nosso deslocamento seja mais preciso e rápido. Assim, chegamos 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 através de mapas virtuais pela Internet ou do uso sistema GPS.



Veja a reportagem intitulada “Turistas recorrem ao GPS para driblar falhas da sinalização de BH”, disponível no site de notícias em http://www.uai.com.br/htmls/app/noticia173/2010/07/26/noticia_minas,i=170648/TURISTAS+RECORREM+AO+GPS+PARA+DRIBLAR+FALHAS+DA+SINALIZACAO+DE+BH.shtml

Para entender melhor como utilizar um aparelho GPS (um Guia Rápido para o seu manuseio), acesse o link http://www.carajas.com/wiki/index.php?title=GPS_-_Um_guia_r%C3%A1pido.

Alguns pesquisadores e empresas de navegação por computador acabam descobrindo novas formas de transformar guias turísticos virtuais, com base de dados alimentada via informações, fornecidas por usuários de GPS. Alguns equipamentos vêm sendo criados não só com GPS, mas também com máquina foto-

gráfica e acesso à internet para atender a uma demanda cada vez mais crescente entre os turistas de se localizarem e conseguirem aproveitar mais as suas viagens e roteiros turísticos.



Notícia em jornal anuncia a criação de um aparelho pelos japoneses para servir de ajuda aos turistas em passeios, pois integra um guia turístico virtual das cidades do mundo inteiro, por sistema GPS, com máquina fotográfica embutida, não só para ajudar na localização, como também para registrar os passeios através das fotos tiradas.

Fonte: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/09/guia-turistico-virtual-tem-gps-e-maquina-fotografica.html>



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Dentro do segmento de usuário do Sistema GPS, se você fosse planejar uma viagem de turismo, como poderia localizar de forma mais rápida as localidades presentes em um mapa ou mesmo criar o seu roteiro turístico em uma cidade ou país?

Resposta Comentada

O GPS possui 3 segmentos, e o terceiro segmento é o de usuários, composto por diversos usuários dos receptores de GPS, espalhados pela Terra, desde os usuários militares que recebem sinal com um código criptografado com precisão (precision – P – militares norte-americanos e nações amigas, onde o Brasil não faz parte desta disponibilidade) e os civis que contam apenas com o sistema de posicionamento geral, chamado de Standard (C/A).

No caso do usuário civil, o exemplo de turistas que utilizam o receptor de GPS torna-se uma forma mais rápida de localizar pontos turísticos em uma cidade, principalmente para estabelecer uma localização, baseada em coordenadas geográficas que possibilitem entender um mapa topográfico ou um mapa com atrativos turísticos que tenha um posicionamento cartográfico adequado (coordenadas planas ou geográficas) e ainda saber a extensão, o tempo de percurso e a velocidade de deslocamento, principalmente se estiver utilizando um GPS, acoplado em um veículo ou a um celular.

Hoje os Pocket PC, PDA ou computadores de mão (palmtops), relógios e celulares de última geração, com sistemas de comunicação móvel, possuem também receptores de GPS e mapas internos, além de acesso remoto à Internet, o que possibilita também uma interação inclusive com o Google Earth e Google Maps, facilitando a localização das áreas turísticas e do planejamento de roteiros gastronômicos (restaurantes), hotéis ou pousadas, postos de gasolina (se for uma viagem de carro), além de visualizar atrativos turísticos em terceira dimensão, horários de visitação, taxas e compra de ingressos etc.

Conclusão

Os relógios atômicos que ficam no satélite de GPS custam mais de 100 mil dólares, o que dificulta ter um em cada receptor de GPS. A sua exatidão possibilitaria ter maior certeza da localização dos pontos cartografados na Terra, no entanto, isso só é possível a partir da sua sincronização com o 4º. 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 introduzia erros no sinal do satélite, para garantir que os aparelhos de GPS de uso civil operassem com precisão inferior a 90 metros.

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 se tornem populares. O uso em automóveis, celulares, relógios e outros dispositivos com GPS tornam-se cada vez mais utilizados em nosso dia a dia, associados a mapas e a programas que calculam rotas possíveis para se chegar a destinos predeterminados, indicando então os movimentos que o usuário deverá realizar para chegar ao local desejado.



Atividade Final

Atende aos Objetivos 1 e 2

Nesta aula, você aprendeu diferentes técnicas de uso do GPS e suas aplicações no turismo. Relacione corretamente cada um dos conceitos apresentados à esquerda com o seu significado na coluna da direita:

(1) Multicaminhamento

(2) *Cut-off-angle*

(3) DGPS

(4) DoP

(5) *Antispoofing* (AS)

(6) *Selective Availability* (SA)

(7) Almanaque

() Aparelhos possuem como um link de rádio, utilizado para receber as correções diferenciais, provenientes de uma estação-base. Através dessas correções em tempo real, consegue-se eliminar o maior erro do GPS.

() Criptografia do código P, transmitida pela portadora L1 e L2.

() Resultado da interferência entre o sinal refletido em objetos terrestres, tendo comportamento completamente aleatório e em situações totalmente arbitrárias, afetando o código C/A, P e a fase portadora das observações.

() Degradação intencional imposta aos sinais de GPS, que é realizada através da manipulação dos dados das efemérides transmitidas e dos relógios dos satélites, realizada pelo Departamento de Defesa norte-americano. Não existe mais desde o ano 2000.

() Informa ao receptor onde estará cada satélite GPS, em qualquer hora do dia.

() 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.

Resposta Comentada

Cada satélite GPS transmite dois sinais de rádio, sendo um para uso civil, dividido em código C/A, que é utilizado nos GPS de navegação e para posicionamento global, de frotas etc. (menos preciso), e fase da portadora, que se subdivide em L1 e L2, na qual é possível alcançar e obter valores de coordenadas mais precisos de todos. Porém, o multicaminhamento (obstáculos impostos pela ionosfera terrestre), o cut-off-angle e o DoP (erro intencional) vêm sendo contrapostos por equipamentos cujo pós-processamento pode chegar a precisões e acurácias centimétricas ou até milimétricas, registradas não só no almanaque do receptor, mas também em SIG que facilitam os trabalhos de cartografia e levantamentos topográficos e geodésicos. Com base nos conceitos apresentados durante a aula, a associação do significado de cada palavra deverá ser esta:

<i>Multicaminhamento</i>	<i>Resultado da interferência entre o sinal refletido em objetos terrestres, tendo comportamento completamente aleatório e em situações totalmente arbitrárias, afetando o código C/A, P e a fase portadora das observações.</i>
<i>Cut-off-ungle</i>	<i>Ângulo que indica o posicionamento do satélite do GPS a menos de 15° acima do horizonte, fazendo com que o receptor não consiga captar o sinal.</i>
<i>DGPS</i>	<i>Aparelhos possuem como um link de rádio, utilizado para receber as correções diferenciais, provenientes de uma estação base. Através dessas correções, em tempo real, consegue-se eliminar o maior erro do GPS.</i>
<i>DoP</i>	<i>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.</i>
<i>Antispoofing (AS)</i>	<i>Criptografia do código P, transmitida pela portadora L1 e L2.</i>

Selective Availability (SA) *Degradação intencional imposta aos sinais de GPS, que é realizada através da manipulação dos dados das efemérides transmitidas e dos relógios dos satélites, realizada pelo Departamento de Defesa norte-americano. Não existe mais desde o ano 2000.*

Almanaque *Informa ao receptor onde estará cada satélite GPS, em qualquer hora do dia.*

Resumo

A tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. O sofisticado sistema que tornou realidade esse sonho é chamado “GPS” foi concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de ‘projeto NAVSTAR’. O sistema foi declarado totalmente operacional apenas em 1995. Consiste de 28 satélites em órbita ao redor da terra, duas vezes por dia, a uma distância de 20.000km, que emitem simultaneamente sinais de rádio codificados. Preocupados com o uso inadequado, os militares americanos implantaram duas opções de precisão: para usuários autorizados (eles mesmos) e usuários não autorizados (civis). Os receptores GPS de uso militar têm precisão de 1 metro e os de uso civil, de 15 a 100 metros. Cada satélite emite um sinal que contém códigos de precisão (P), código geral (CA) e informação de *status*. Como outros sistemas de radionavegação, todos os satélites enviam seus sinais de rádio exatamente ao mesmo tempo, permitindo ao receptor avaliar o lapso entre emissão/recepção. Além da geometria dos satélites, outros problemas são associados à recepção dos sinais e ao aumento do erro de precisão, na obtenção dos pontos terrestres, tais como: a interferência atmosférica, alteração no relógio interno, provocada pelo DoD, o cut-off-angle e o multicaminhamento.

Existem receptores específicos que são mais acurados, chamados de DGPS, sendo ótimos para levantamento topográfico. Os sinais gerados pelos satélites contêm um “código de identidade”, dados

efêmeros (de *status*) e dados do almanaque. Os dados de almanaque dizem ao receptor onde procurar cada satélite a qualquer momento do dia. Com um mínimo de três satélites, o receptor pode determinar uma posição Lat./Long., que é chamada posição fixa 2D, mas com quatro ou mais satélites, um receptor pode determinar uma posição 3D, que inclui Lat./Long./Altitude. Pelo processamento contínuo de sua posição, um receptor pode também determinar velocidade e direção do deslocamento.

O GPS é extremamente útil para o planejamento de bases cartográficas turísticas, principalmente aquelas que viabilizam um melhor detalhamento das áreas de atrativo ou de potencial para o turismo.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, você verá que existem outros sistemas de posicionamento global por satélites, os chamados GNSS e quais seriam os tipos desenvolvidos e lançados por outros países que não apenas o sistema GPS norte-americano. Até lá!

15

Sistemas GNSS e seus segmentos (histórico e tipologias)

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

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

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 caracterizar os principais tipos de sistemas GNSS (historicamente) e os seus segmentos;
- 2 verificar a aplicabilidade nos dias atuais e as perspectivas futuras, principalmente para o turismo.

Pré-requisitos

Para acompanhar esta aula, é recomendado que você tenha explorado a Aula 14 de nosso curso, na qual vimos como o sistema norte-americano NAVSTAR – GPS (Sistema de Posicionamento Global) começou e veio a ser difundido no mundo inteiro, principalmente sua constelação de satélites (segmento orbital), as estações do segmento terrestre e os receptores do segmento de usuários, além do entendimento de suas aplicações.

Introdução

Na aula passada, apresentamos a evolução de criação e do uso do GPS desde o espaço extraterrestre até os aparelhos receptores e como o sistema funciona, além de suas aplicações.

O passeio pela história do GPS permite-nos entender que esse sistema, criado pelos norte-americanos, não foi o único. Ele veio acompanhado de outros sistemas globais de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS) para dominar a cartografia terrestre, para localizar alvos militares (a dominação do espaço geográfico), assim como para as aplicações civis, a exemplo do seu uso em aeronaves tripuladas, como aviões e navios, ou para a simples localização de qualquer objeto em nosso planeta Terra.

Portanto, nesta aula, vamos nos focar no histórico da evolução de novas tecnologias, equipamentos para posicionamento global por satélites, distintos sistemas existentes na atualidade e projetos futuros, pois você irá perceber que as aplicações são vastas, inclusive na área do turismo.

Breve histórico da criação e dos tipos de GNSS

O termo GNSS foi concebido durante a 10ª Conferência da Navegação Aérea, em 1991. Neste sentido, GNSS passou a ser o termo genérico, para se referir aos sistemas de navegação por satélite.

Na Aula 14, 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 os demais países ficassem dependentes de seu sistema. Desde que o sistema russo chamado GLONASS está ativo, este não tem cobertura suficiente de satélites para oferecer um serviço global.

Até o momento, existem dois sistemas: o GNSS 1, o GPS norte-americano, e o GLONASS russo, que também estão em fase de atualização (sistemas de aumento surgidos: – SBAS, GBAS, ABAS) – e o GNSS 2. Além da atualização do GPS e do GLONASS, surgem o GALILEO (europeu) e o COMPASS (chinês), que ainda estão em desenvolvimento (**Figura 15.1**).

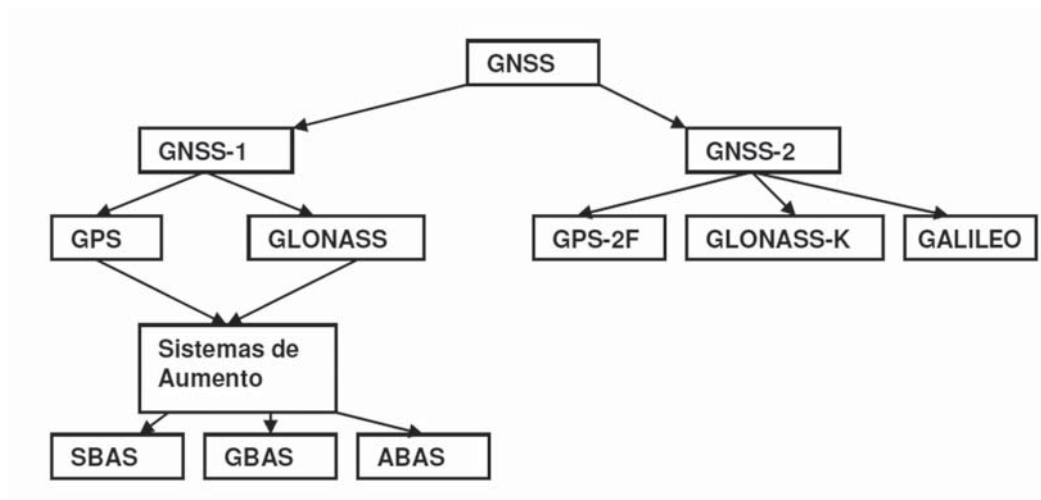


Figura 15.1: Representação, na atualidade, do GNSS.

Fonte: Adaptado de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

Esse aumento no número de sistemas disponíveis no mundo é devido à importância que esta tecnologia começou a ter mais recentemente. A partir do novo milênio, houve aumento tanto no número de possíveis aplicações como no mercado que vem gerando, principalmente da Europa, que quer ter a opção de desenvolver o segmento espacial próprio, acabando assim com a dependência do sistema estadunidense.

Na Aula 14, detivemo-nos 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 desenvolveu-se por causa da guerra fria, no século XX (pelo Departamento de Defesa e Transporte dos EUA e a NASA, no fim da década de 1960 e início da década de 1970).

Assim foi com o surgimento do GLONASS, que é a sigla para ***Global'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema***, desenvolvido em conjunto pelo Ministério de Defesa Russo e pela Academia de Ciências e pela Armada Soviética, entre os anos de 1968 e 1969 pela ex-URSS, sendo, atualmente mantido pelo governo russo (Russian Federation Space Force). Mas o desenvolvimento do GLONASS só começou plenamente em 1976, com o objetivo de aumentar a cobertura global até 1991. A partir de 1982, foram lançados mais satélites adicionados (12 satélites na constelação) ao sistema (FSA/IAC, 2010).

No entanto, com o colapso da economia russa, somente 8 satélites estavam efetivamente operativos na constelação de 1996 a 2002, o que se converteu em um sistema quase que completamente inútil em nível mundial. Quando a Rússia começou a restaurar o sistema, a partir de 2003, começou a diversificar com novas parcerias para a reestruturação do sistema e, em 2009, introduziu o governo indiano como um sócio, acelerando o programa com o objetivo de restaurar a cobertura global.

Portanto, o GLONASS possui muitas similaridades com o seu concorrente – o GPS –, pois possui 3 segmentos:

- 1) Segmento espacial: constelação de satélites, na qual originalmente se previam 24 satélites (planejada para terminar até 1995) e hoje já se concebe uma operacionalidade com 22 satélites, em 3 planos orbitais a 19.100km de altura. Mas, na atualidade (desde 2008), há apenas 16 satélites em órbita, dos quais 10 são operativos e 6 estão apagados temporariamente (**Figura 15.2**).

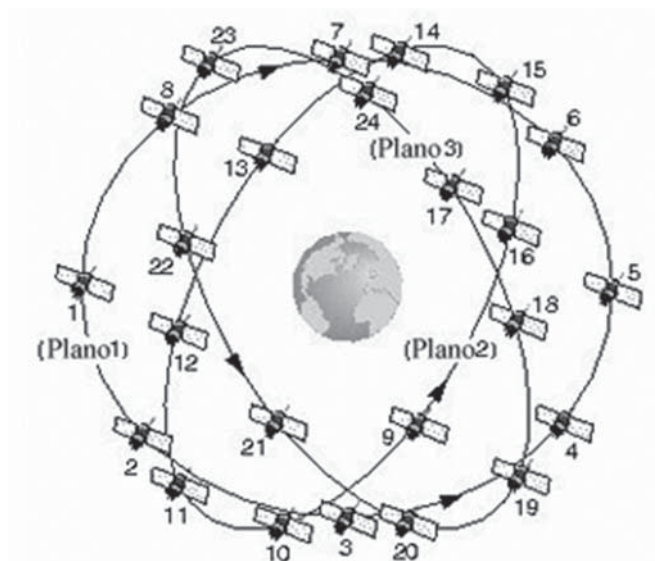


Figura 15.2: Exemplo dos 3 planos da constelação GLONASS.

Fonte: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>

- 2) Segmento de controle: estações de controle, espalhadas por todo o território russo.
- 3) Segmento de usuários.

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

O GLONASS tem como principal objetivo proporcionar posicionamento 3D, velocidade e tempo sob qualquer condição climática e em todo o globo. Para isso, o sistema apresenta dois sinais de navegação: o sinal de precisão padrão (SP – *Standard Precision*) e o sinal de alta precisão (HP – *High Precision*). O posicionamento e serviço de tempo no módulo SP é fornecido a todos os usuários civis de maneira contínua e ao redor do globo, com precisão horizontal de 57m a 70m, vertical de 70m, velocidade de 15cm/s e tempo com acurácia de 1ns, portanto, com probabilidades de 99,7% de acurácia dos dados transmitidos.

Igual ao sistema GPS NAVSTAR, o posicionamento e serviço de tempo no módulo SP é fornecido a todos os usuários civis de maneira contínua, porém com igual precisão. O sistema GLONASS também transmite, assim como o GPS, 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, dadas por:

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

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

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

Assim como no GPS, existem dois códigos no GLONASS: o código C/A, disponível para todos os usuários civis com frequência de 0,511 MHz, e o código P, para usuários autorizados com frequência de 5,11 MHz; ambos são modulados na portadora L1 e a portadora L2 é modulada somente pelo código P. Estes códigos são os mesmos para todos os satélites GLONASS (GLONASS, 2010).

Além dos sistemas GNSS atuais e daqueles em atualização (GPS e GLONASS), podemos citar um importante sistema em desenvolvimento: o GALILEO, 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 GLONASS, oferecendo duplas frequências como padrão, garantindo a disponibilidade do serviço, sobretudo nas circunstâncias mais extremas.



Figura 15.3: Símbolo do projeto GALILEO de GNSS da União Europeia.

Fonte: <http://www.galileoic.org/la>

A previsão é que o sistema completo tenha 30 satélites (27 + 3 sobressalentes operacionais), posicionados em três planos orbitais da terra, em 23.222km de altitude. O grande número de satélites, junto com a otimização da constelação e a disponibilidade dos três satélites de reposição ativos, assegurarão que a perda de um satélite não tenha nenhum efeito para o usuário.

Na visão de Vettorazzi (2009, p. 50), além da questão da soberania, outras questões foram importantes para criação do GALILEO, entre elas:

- 1) A integração GPS e GLONASS inclui o GALILEO no sistema de navegação global (GNSS) que, com um maior número de satélites, permitirá a determinação de posições exatas para a maioria de lugares na Terra, inclusive onde hoje existe a obstrução do sinal.
- 2) 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 os polos Norte e Sul do planeta, onde o sinal dos outros GNSS não chega ou tem muita degradação.
- 3) Com o GALILEO, a Europa entra no mercado de exploração de navegação por satélite, o que é de grande importância para os usuários, pois a concorrência fará com que o custo dos receptores e a qualidade dos sistemas melhorem cada vez mais.

A estrutura do sinal do GALILEO será baseada em até 4 portadoras da banda L (você já aprendeu sobre ela na Aula 14). Dependendo de acordos internacionais, duas frequências poderão ser idênticas às do GLONASS e outras duas iguais às do GPS.

Segundo a Embrapa (2010), o sistema está 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). O segundo satélite experimental GIOVE-B foi lançado em abril de 2008 por um foguete (Soyuz), da base de Baikonur, Cazaquistão.

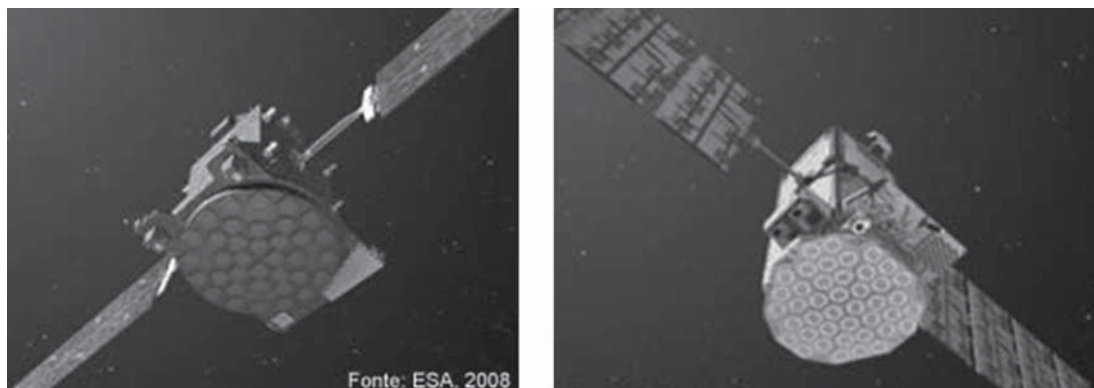


Figura 15.4: Os satélites GIOVE-A e GIOVE-B do projeto GALILEO.

Fonte: <http://www.sat.cnpm.Embrapa.br/conteudo/galileo.htm>

Os dois satélites GIOVE estão em fase de testes e têm os seguintes objetivos principais:

- a) testar a transmissão e integridade dos dados, segundo as faixas de frequência estipuladas para comunicação entre segmentos espacial e solo;
- b) assegurar o uso das frequências de rádio alocadas pela União Internacional das Telecomunicações;
- c) avaliar o uso de novas tecnologias aplicadas ao sistema, para reduzir riscos e auxiliar no sucesso da missão;
- d) verificar e testar a recepção dos dados;
- e) estudar as características da órbita de implantação dos satélites (BRASÍLIA, 2010; KUGA, 2010).

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

Com relação ao segmento de controle, quando o GALILEO estiver em operação serão implantados dois centros em solo para viabilizar o controle dos satélites e gerenciamento do sistema de navegação (um na Alemanha e outra na Itália). Segundo informações da 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.

Quando o sistema GALILEO estiver operando, os satélites serão equipados com relógios atômicos, possibilitando a medição das horas com bastante precisão. Esses dados serão transmitidos sistematicamente pelos satélites e serão captados e decodificados por aparelhos localizados em solo que, por sua vez, possuirão um banco de dados bem preciso de todos os satélites que estarão em órbita.

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 (EMBRAPA, 2010):

- a) 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, para uso público e interesses gerais, que serão compatíveis aos dados GPS de uso civil se forem captados em uma única banda, ou seja, 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).
- b) COMERCIAL SERVICE (CS), maior performance em dados voltados ao serviço comercial e uso profissional, que poderão ser acessados mediante contratação do serviço. Os sinais serão transmitidos em três canais, sendo os 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 posicionamentos horizontais para apenas alguns centímetros.

■ EGNOS

Sigla para *European Geostationary Navigation Overlay Service*, ou seja, o sistema de melhoria da precisão (Correção / Augmentation) ou DGPS (GPS Diferencial, conforme você aprendeu na Aula 14) em desenvolvimento na União Europeia.

■ WASS

Sigla para *Wide Area Augmentation System*, apenas disponível para os EUA, com acurácia de 7,60m (vertical e horizontal), ou melhor, pelo menos 95% do tempo. Medidas da qualidade têm demonstrado acurácias horizontal e vertical de 0,90 e 1,30m, respectivamente.

■ MSAS

Sigla para *Multifunctional Satellite Augmentation System*, implantado na Ásia.

■ GAGAN

Sigla para *GPS and Geo Augmented Navigation*, que é um sistema para promover a acurácia, planejado para ser implementado pelo governo da Índia.

c) PUBLIC REGULATED SERVICE (PRS), que vai oferecer máxima qualidade para uso restrito, voltado para as autoridades responsáveis pela proteção de civis e segurança nacional.

d) SAFETY OF LIFE SERVICE (SoL), que oferecerá acurácia semelhante à oferecida pelo Open Service, porém serão capazes de detectar automaticamente problemas de acurácia e serão voltados para o uso em transportes, principalmente na navegação aérea e marítima.

e) 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 resgates e 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 ocorra, os responsáveis pelo projeto criaram um programa denominado **EGNOS**, que vem executando desde 1993 aprimoramentos nos serviços oferecidos pelos sistemas GNSS na Europa. Esse sistema tem metodologia similar ao **WAAS** para geração, envio e aplicação da correção e trabalha para aumentar a acurácia dos dados enviados pelos sistemas em operação atuais, mas a área de abrangência do programa inclui apenas os estados europeus, mas poderá ser estendida a outras regiões no futuro.

Devem ainda ser considerados os sistemas denominados **MSAS** (japonês) e o **GAGAN** (indiano) para a melhoria do sinal GPS, para geração, envio e aplicação de correção similar ao WASS e ao EGNOS.

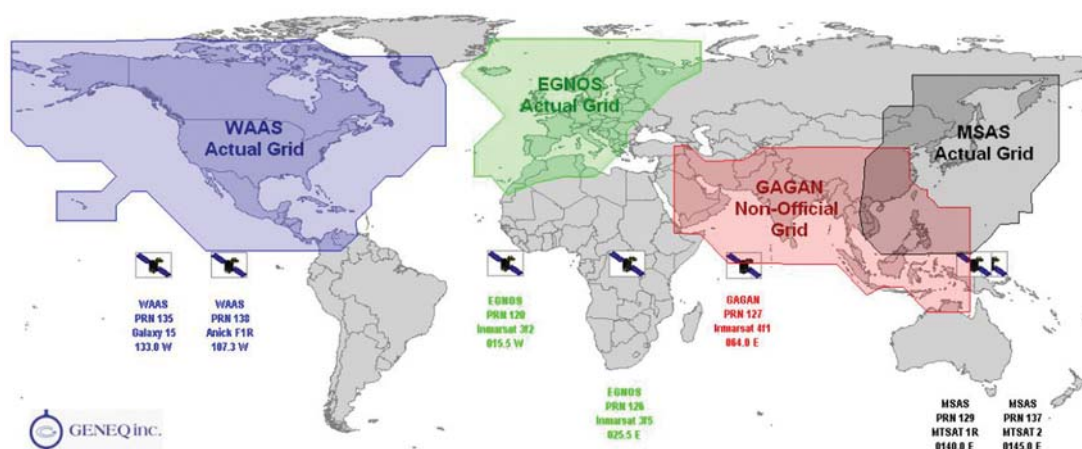


Figura 15.5: Sistemas de melhoria de precisão (DGPS) do hemisfério norte da Terra.

Fonte: http://www.elisanet.fi/master.navigator/img/SBAS_Coverage.jpg

No Brasil, é importante ressaltar a criação do Galileo Information Centre, gerenciado pelo Centro Regional de Educação em Ciência e Tecnologia Espacial para a 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 no sistema em projetos comerciais, relacionados ao meio ambiente, agricultura e serviços em geral (GALILEO INFORMATION CENTRE, 2010).



Assista ao vídeo sobre o programa do sistema GALILEO no site da Embrapa (em inglês): http://www.sat.cnpm.br/filmes/galileo_filme.htm ou pelo YouTube (em espanhol): <http://www.youtube.com/watch?v=THsRwM8u4Wc&playnext=1&list=PL21D53EB68638FF29>.



Primeiro satélite operacional do Galileo passa por testes na Holanda

Por Eduardo Freitas | 16h54, 28 de janeiro de 2011

O primeiro satélite operacional do sistema Galileo está passando por testes no Centro Técnico da Agência Espacial Europeia (ESA), na Holanda. Sua disponibilidade para ser lançado em órbita está sendo verificada. Este é um marco significativo para a constelação do sistema de navegação por satélites da Europa.

A primeira parte do Galileo deverá ser lançada nos próximos dois anos, totalizando quatro satélites em órbita. A previsão é que, até 2015, o sistema tenha uma configuração com 18 satélites operacionais, orbitando a Terra em uma órbita média. (...)

Fonte: Notícia do blog da revista eletrônica *Mundogeo*, disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2011/01/28/primeiro-satelite-operacional-do-galileo-passa-por-testes-na-holanda/?imprimir>



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. Sabemos que o sistema GPS é constituído por três segmentos: espacial, controle e 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 os três segmentos ocorrem no sistema GLONASS e GALILEO.

Resposta Comentada

Como foi dito 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 deve ser ressaltado o fato de que estes 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 diferente e territorialmente distribuídos. O sistema GALILEO tende a se estruturar a partir destes segmentos (espacial, controle, usuário), também mantendo suas especificidades.

Existe outro sistema GNSS. Agora é a vez da China!

Outro sistema GNSS é o sistema de navegação Beidou (“bússola”, em mandarim), que se refere a uma ou às duas gerações do sistema de navegação chinesa.

O sistema COMPASS foi, no início, oficialmente chamado de *Beidou*. Possui uma cobertura e aplicações limitadas, oferecendo serviços de navegação principalmente para clientes na China e em regiões vizinhas desde o ano 2000.

Ao contrário do americano GPS, do russo GLONASS e do europeu GALILEO, que utilizam a órbita média da Terra, os satélites Beidou-1 usam órbita geoestacionária. Isso significa que o sistema não requer uma grande constelação de satélites, mas também limita a cobertura das áreas da Terra onde os satélites estão visíveis.

Além do COMPASS, o Beidou-2 é um projeto chinês de ampliação por um sistema independente de posicionamento, planejado para operar com 35 satélites, sendo 5 em órbitas geoestacionárias.

O Beidou-2 foi planejado para oferecer serviços a clientes na região Ásia-Pacífico em 2012, e a clientes do sistema global, e deve ser concluído até o ano 2020. Um de seus satélites já foi colocado em órbita, em 2007.

De acordo com a China National Space Administration (CNSA, 2010), o desenvolvimento do sistema global de navegação chinesa tem sido realizado em três etapas:

- 1) 2000 – 2003: sistema de navegação Beidou experimental, composto por três satélites. Os dois primeiros satélites Beidou 1A e 1B foram lançados nos dias 30 de outubro de 2000 e 20 de dezembro de 2000. O terceiro satélite Beidou-1C (como backup) foi colocado em órbita em 25 de maio de 2003.
- 2) 2007 – 2010: o satélite Beidou-1D, muitas vezes chamado de Beidou-2A, foi lançado em fevereiro de 2007. O sistema de navegação passa a ter uma cobertura regional da China e de algumas regiões vizinhas.
- 3) 2012: sistema regional de navegação Beidou, cobrindo a China e regiões vizinhas.
- 4) 2020: sistema global de navegação Beidou.

Em novembro de 2010, seis satélites para Beidou-2 foram lançados. Prevê-se que o sistema Beidou terá mais de 10 satélites até 2012 e que poderá oferecer serviços para a região Ásia-Pacífico. O sistema global de navegação deverá estar concluído até 2020.

Haverá dois níveis de serviços prestados: gratuito para os civis e licenciado para o governo e os militares, usuários chineses:

- O serviço gratuito vai ter uma precisão de 10 metros dos rastreadores de posição, irá sincronizar os relógios com uma precisão de 10ns e terá velocidades de medida de 0,2m/s.
- O serviço licenciado será mais preciso que o serviço gratuito, poderá ser usado para a comunicação e fornecerá informações sobre o estado do sistema para os usuários.



Figura 15.6: Sexto satélite Beidou lançado em 17-11-2010.

Fonte: <http://www.beidou.gov.cn/2011/01/12/20110112b86e482040a747fb8ae91bd878255859.html>

As aplicações do GNSS nos dias atuais e para o turismo

O advento do sistema de navegação e posicionamento GPS (norte-americano) 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, esta ferramenta está cada vez mais presente.

As aplicações crescem a cada dia: 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, *rallys* 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, 2010).

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

Muitas vezes, o turista, ao organizar uma viagem, recorre aos mapas e à internet, para consegui-los. 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?

O mapa roteável é aquele que é passível de navegação, principalmente por aparelhos GNSS.

Os mapas, usados em navegadores GNSS, são formados por linhas e polígonos. As linhas podem representar ruas, avenidas, estradas, linhas de metrô, de trem etc. E os polígonos podem representar praças, parques, cemitérios, represas, entre outros.



Figura 15.7: Exemplo de mapa roteável, utilizado em um aparelho celular (*smartphone*) com GPS. Note que o mapa, utilizado como pano de fundo, vem do Google Maps, denotando a tecnologia do uso dos dispositivos móveis, associada também a dados disponíveis na internet.

Fonte: Vivian Costa (2011).

Muitas vezes, o detalhamento das informações, presentes nos mapas roteáveis, necessita de um levantamento sobre o mundo a ser cartografado. Muitas etapas e procedimentos são necessários para chegar a um produto final, tais como: pesquisas de campo, obtenção de dados cartográficos oficiais, levantamento topográfico, que são baseados em fotografias aéreas e imagens de satélite de alta ou média resolução, que podem chegar a 5m de precisão. Um exemplo é a produção de mapas para navegadores veiculares que exige consistência em captação de fontes e em processos de atualização, onde são posteriormente analisadas e separadas de acordo com características próprias (MARTINS, 2009).

Segundo Martins (op. cit.):

Após a compilação dos dados básicos, como nome de ruas, praças e rios, são agregados outros tipos de informações, caso de CEP, 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 dificuldades no uso dos mapas roteáveis, principalmente porque as bases cartográficas ainda não estão presentes em número suficientes de dados das cidades nos navegadores. Ainda são poucas as cidades cartografadas que estão disponíveis nos roteadores, cerca de 250 cidades, restringindo-se às principais capitais e regiões metropolitanas do país, o que é muito pouco considerando que o número de cidades brasileiras passa das 5.000. Se levarmos em conta as mudanças ocorridas nas cidades, percebemos que o trabalho nunca acabará; portanto, uma das dificuldades das empresas fornecedora de mapas é manter sua base de informações atualizada.

Pela falta de fontes corretas de dados, o trabalho de campo é uma etapa necessária e muito importante nos levantamentos e mapeamento. Isso porque as empresas estão se preparando

para esse mercado em expansão, principalmente com a chegada de navegadores, PDAs e *smartphones* com GPS, e sentiram a necessidade de ter mapas atualizados quase que em tempo real. As empresas e os órgãos governamentais vêm investindo em mapeamentos atualizados para o planejamento urbano e rural, principalmente por serem importantes ferramentas para o ordenamento do território, para a melhor distribuição da ocupação e do uso da terra, além de estabelecer cálculos mais exatos para as cobranças de impostos, como o IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano) e do ITR (Imposto Territorial Rural), além de estarem sendo cada vez mais explorados como ajuda fundamental para os recenseadores do IBGE e seus PDA com sistema GPS embutido, entre outras várias aplicações.

Os mapas roteáveis não são só preocupação brasileira, mas também de várias partes na América do Sul, como é o caso do projeto Mapear que contém detalhes de estradas e cidades de 4 países latino-americanos (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, chamado de MapSource, já citado na Aula 14).

Os mapas turísticos da Europa vêm sendo elaborados com o intuito de facilitar o planejamento de viagens e excursões de turistas no mundo todo. São mapas com várias camadas de informações e dados de mapas básicos, incluindo os do Google Maps, em que são integrados por coordenadas de GPS os atrativos turísticos das principais cidades europeias. São mapas interativos, onde o usuário clica sobre um ponto turístico de cor marcado no mapa e rapidamente obtém informações básicas sobre o *site* ou informações detalhadas sobre as práticas turísticas e fotos. Obtém ainda acesso a reservas de hotéis *online*, bilhetes de passagens e outros serviços.



Para saber mais detalhes sobre o projeto Mapear, acesse os sites:

<http://www.proyectomapear.com.ar/>

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

Para quem estiver procurando mapa roteável do Peru, pode encontrar no <http://www.gps-peru.forums-free.com/>

Para saber mais sobre os mapas turísticos europeus, basta acessar o site <http://pt.tixik.com/m/>.

Existem diversos softwares de comunicação entre os aparelhos receptores de GNSS e os hardwares (*desktops, palms* etc.) para a transferência de dados e que podem ser utilizados por profissionais do turismo. Um dos projetos bem-sucedidos no Brasil, no fornecimento de base de mapas para os receptores, foi o TrackSource. Foi 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, já que os fornecidos pela Garmin eram de baixa qualidade, não tendo detalhes internos das cidades, somente uma parte das rodovias federais e estaduais aparece no mesmo e ainda há muitos problemas de precisão no traçado e posicionamento; portanto, o TrackSource, segundo as próprias palavras do seu *site*, é um projeto colaborativo e voluntário, cujo objetivo é criar e distribuir de forma gratuita os mapas brasileiros, para uso no GPS da marca Garmin, ou em navegadores que utilizem softwares compatíveis.



Veja alguns modelos de GPS da marca Garmin e uma tabela comparativa de suas características principais em <http://www.velamar.com.br/wb/gpsquadrocomp.htm>.

Para baixar mapas brasileiros no seu GPS, basta acessar ao site do projeto *Tracksourse* em <http://www.tracksourse.org.br/>

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 (mais de 160 modelos) de aparelhos e ainda possui integração de dados com Google Maps e Google Earth, possibilitando utilizar suas imagens de satélite. Há a versão gratuita e profissional (paga) desse *software*. No site, 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 outros, tendo grande utilidade para fins do planejamento turístico.



Para saber mais sobre o projeto GPSTrack Maker, acesse o site <http://www.gpstm.com>, nele também é possível baixar esse software em sua versão *shareware*, ou seja, apenas com algumas funcionalidades, habilitadas ou comprar a versão comercial mais completa em suas funcionalidades.



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Imagine que você é um turista e quer usar um aparelho GPS para ir até a Europa e fazer uma viagem da Grécia à Itália, mas você não deseja levar mapas impressos. Você quer marcar os principais pontos atrativos visitados e escolher o melhor roteiro de carro (pretende alugar um) entre esses dois países. Como você iria conseguir planejar a viagem?

Resposta Comentada

Para saber detalhes sobre os atrativos da Grécia e da Itália, bastava ir até o site <http://pt.tixik.com/m> e procurar por esses países. Veria quais os principais atrativos, alojamentos e locadoras de carro. Ao alugar um carro, procuraria acoplar o GPS ao mesmo, com todo o roteamento dessas duas cidades da Europa, suas rodovias e estradas, assim como marcaria o melhor caminho para seguir entre esses locais, inclusive verificando no Google Maps ou Google Earth caso tenha um celular com GPS acoplado ou um palm, a fim de anotar todo o roteiro de viagem.

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 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 o poder de resposta à demanda crescente. Cada vez mais necessitaremos e nós nos tornaremos dependentes da precisão cartográfica sobre a superfície terrestre.

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



Atividade Final

Atende aos Objetivos 1 e 2

Leia a passagem a seguir:

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).

Com base nas afirmações do autor e no conteúdo apresentado nesta aula, disserte brevemente sobre a expansão dos sistemas GNSS, avaliando possíveis impactos em áreas como o turismo.

Resposta Comentada

Como você aprendeu, muitos países e cooperações internacionais têm investido na expansão dos sistemas GNSS, objetivando o atendimento de interesses, voltados ao domínio da tecnologia e soberania. A tendência que se observa é a disponibilização de uma “rede” maior e variada de GNSS, e, por conseguinte, serviços gratuitos para captação de sinais de localização e navegação. Assim sendo, muitas áreas tendem a se beneficiar deste boom. Em sua resposta, cabe a consideração desse fenômeno ao indicar os impactos sobre o turismo. Você deve ter imaginado situações, tais como: o desenvolvimento de atividades (individuais ou coletivas), apoiadas na precisão, cada vez maior, da navegação; ou mesmo, o compartilhamento integrado e preciso de informações de um local (rotas turísticas, por exemplo) em meio digital. Cabe ainda ressaltar os impactos científicos que podem favorecer a indústria do turismo em uma concepção de planejamento e treinamento de profissionais.

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 deve-se 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 à sua configuração tecnológica e territorial. Muitas áreas que se utilizam do posicionamento e navegação podem contar com uma precisão crescente do serviço, além de menor dependência de uma rede única de satélites. No turismo, esse avanço contribui para a expansão, por exemplo, de mapas roteáveis, de navegação, utilizando aparelhos GNSS, por todo o globo.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, aprofundaremos a abordagem teórica de geoprocessamento, iniciada na Aula 10, enfatizando suas aplicações.

Até lá!

16

Fundamentos de geoprocessamento

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

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

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

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

Pré-requisito

Para acompanhar esta aula, é recomendável que você tenha entendido a Aula 10 de nosso curso, na qual abordamos a utilização de diferentes geotecnologias.

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.

O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de técnicas envolvendo conhecimentos da informática e cartografia aplicada à Geografia. Muitos autores e pesquisadores o consideram estritamente como uma técnica. Outros consideram o geoprocessamento como uma ciência. O consenso é que esta é uma atividade instigante e repleta de possibilidades.

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

O “geo” e o “processamento”

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 sufixo “geo” destas palavras, podemos complementá-las, objetivando manter o mesmo sentido, com uma 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 sufixo “geo”, em muitas palavras, está eminentemente ligado à própria geografia, enquanto descrição da Terra. É o caso do “geoprocessamento”, que indica o desenvolvi-

mento de um processo, em constante evolução, para o apoio às análises que envolvam a grafia ou representação da Terra.

Processamento é o ato ou efeito de proceder, de executar (FERREIRA, 1988). 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.

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 contém. Neste sentido, o geoprocessamento pode ser visto como o processamento informatizado de dados georreferenciados (com referência espacial).



Os dados georreferenciados são aqueles que possuem uma referência espacial, ou seja, para estes estão definidas coordenadas e um sistema de projeção. O georreferenciamento de um dado em meio digital ocorre ao associarmos a este a sua localização geográfica, com o auxílio de programas computacionais. Estes dados, em forma de arquivo, passarão a ter uma localização.

A resolução de problemas, em qualquer atividade humana – cotidiana, científica, didática etc. –, consiste em uma série de tarefas, das quais as fundamentais são: 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 simples e específica ferramenta. Mas um conjunto de ferramentas com um aporte teórico relacionado à apropriação destas frente à modelagem do mundo real. Esta 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?”

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

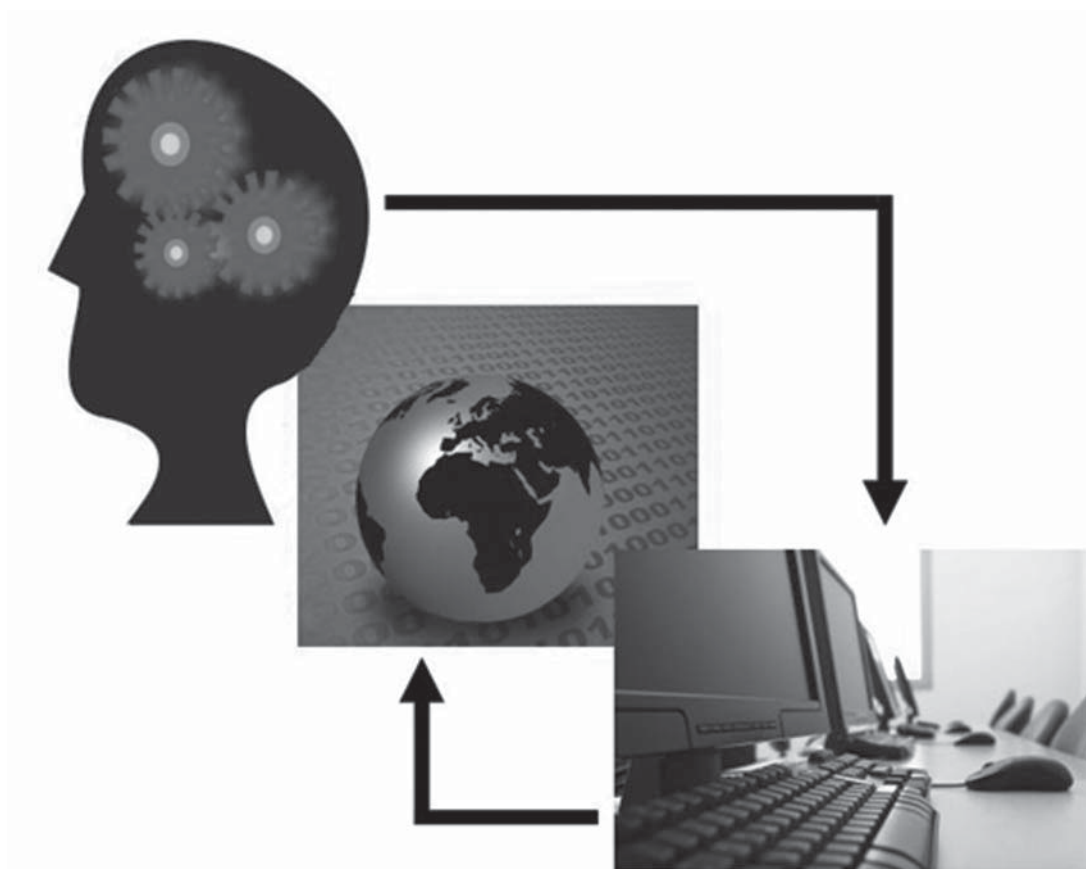


Figura 16.1: O processamento da informação geográfica envolve a modelagem do mundo real – o ser humano irá se utilizar das técnicas computacionais para operar consultas e análises sobre o espaço.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010). Imagens: <http://www.sxc.hu/photo/987763>; <http://www.sxc.hu/photo/1237883> e <http://www.sxc.hu/photo/1206711>

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 envolvendo 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).

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 destas podem ser extraídas informações gerando um acréscimo de conhecimento.

Rocha (2000) o definiu como uma tecnologia transdisciplinar. Por meio do processamento de dados geográficos, o geoprocessamento integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, metodologias e pessoas. Esta 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. Esta teria como objetivo 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: os dados geográficos, recursos humanos, equipamentos (de entrada, de armazenamento e processamento, e de saída), programas computacionais e **métodos** (passos) de trabalho (**Figura 16.2**). Estes elementos estão relacionados aos materiais e métodos, bem

Métodos

Caminhos dispostos de maneira esquemática para alcançar um determinado fim, especialmente para se chegar a um conhecimento científico ou comunicá-lo aos outros.

como à percepção do homem. Dada a gama de possibilidades de aplicações em geoprocessamento, tais elementos podem se combinar de diversas maneiras.



Figura 16.2: Elementos do geoprocessamento.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010). Imagens: <http://www.sxc.hu/photo/1282334>; <http://www.sxc.hu/photo/1198287>; <http://www.sxc.hu/photo/1166336>; <http://www.sxc.hu/photo/737986>; <http://www.sxc.hu/photo/935833>.

As aplicações de geoprocessamento geralmente necessitam de uma grande quantidade e diversidade de equipamentos. Porém, devemos ressaltar que a aplicação que vai se fazer do geoprocessamento é o fator determinante em relação às características, quantidades e diversidades de equipamentos (IMAGENS..., 2010).

Podemos dividir os equipamentos em três categorias distintas: os equipamentos de entrada ou aquisição de dados (como o GPS, 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 ONGs.

Podemos considerar que dentre os recursos humanos, 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. Podemos ainda considerar os pesquisadores da “Ciência da Geoinformação”, que se focam em um estudo transdisciplinar (em transmitir conceitos, desenvolver metodologias etc.).



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. Visualizando a **Figura 16.2**, que apresenta os elementos do geoprocessamento, crie uma definição própria para o mesmo, integrando os cinco itens.

Resposta Comentada

No decorrer da aula foram trabalhadas as definições para geoprocessamento, a partir das quais podemos encontrar palavras vinculadas, direta ou indiretamente, aos elementos contidos na figura em questão. Com isso, você pode ter criado uma definição própria, vinculando os termos de maneira lógica, como no exemplo: um conjunto de técnicas e conhecimentos computacionais (envolvendo equipamentos e programas operados pelos recursos humanos) e espaciais, convertido em métodos, para a extração de informação com base em dados geográficos.

Até aqui discutimos sobre a conceituação de geoprocessamento. Vimos também que o mesmo é desenvolvido a partir de elementos como os equipamentos e os recursos humanos. Há ainda os programas computacionais que auxiliam nas etapas do geoprocessamento – como o tratamento dos dados e análise –, bem como os métodos empregados, os quais veremos em nossas próximas aulas. No entanto, falta ainda aprofundarmos um importante elemento: o grupo dos dados geográficos.

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 – que iremos estudar na Aula 18).

Segundo Francisco (2010), os dados geográficos podem ser classificados segundo o conjunto de técnicas e métodos empregados no seu levantamento nos seguintes três tipos: planialtimétricos, ambientais e cadastrais.

- 1) Planialtimétricos – determinam a posição do objeto em relação à localização e à altitude. Os métodos de levantamento podem ser divididos em quatro grupos: levantamentos topográficos, geodésicos, aerofotogramétricos e posicionamento por satélites.

Os levantamentos topográficos são baseados 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 30km, nos quais a curvatura da Terra não necessita ser considerada.

Os levantamentos geodésicos são similares aos topográficos, porém destinados a levantamentos de maiores extensões, nos quais a curvatura da Terra deve ser considerada.

A determinação da localização planialtimétrica e da altitude dos pontos pode ser feita por métodos e procedimentos matemáticos envolvendo cálculos a partir de figuras geométricas.

Como vimos em nossa Aula 11, os levantamentos aerofotogramétricos utilizam fotografias aéreas para determinação da posição dos objetos. Estes não prescindem dos dados levantados pelos métodos anteriores, pois é necessário ter pontos de controle com coordenadas conhecidas para a transformação dos pontos das fotos em valores das coordenadas.

Estações totais

Instrumentos eletrônicos utilizados na medida de ângulos e distâncias.



Os pontos de controle auxiliam no georreferenciamento de demais pontos dispostos graficamente e/ou em imagens vinculadas a uma área. A este conjunto de dados está associado um sistema de coordenadas e projeção, além da localização específica dos pontos de controle (previamente conhecida), a partir dos quais os demais pontos de um mapa ou imagem se tornarão automaticamente conhecidos, dada a continuidade espacial.

Como visto nas Aulas 14 e 15, 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 a determinação da posição do objeto na superfície terrestre. São exemplos deste levantamento aqueles realizados com o auxílio de sistema de posicionamento por satélites artificiais, como o GPS e o GLONASS.

- 2) 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 direto com objeto, como é o caso do sensoriamento remoto, e fornecem a expressão espacial e as categorias (classificações) relacionadas ao mapeamento (por exemplo, as categorias de “floresta densa” e “capim” de um mapa de vegetação).

Devido à possibilidade de coleta temporal contínua, é possível fazer o monitoramento espacial do fenômeno estudado, como, por exemplo, o 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 neste grupo. Porém a possibilidade de que as informações sejam enviadas por *telemetria* reduz a quantidade de visitas a campo. Nestes levantamentos, podem ser obtidas séries temporais contínuas gerando uma série histórica de dados e, assim, permitindo a análise do comportamento do fenômeno estudado.

Em suma, os levantamentos remotos propiciam a coleta de dados de áreas extensas e de difícil acesso, enquanto os levantamentos de campo podem fornecer um maior detalhamento.

- 3) Cadastrais – definem o número de ocorrências (contagem) e os atributos destas ocorrências (características). Estes levantamentos podem ser feitos por amostragem, nos quais parte representativa da população é levantada, ou por censo, em que todo o universo da população é levantado.

Telemetria

Tecnologia que permite a medição e comunicação de informações de interesse do operador ou desenvolvedor de sistemas feitas a distância. A palavra é de origem grega, em que *tele* significa remoto, ou a distância, e *metron* significa medida.

Os métodos de levantamento podem ser por observação ou por entrevistas. Os levantamentos cadastrais, como o fundiário e o imobiliário, são exemplos dos métodos de observação. As pesquisas domiciliares demográficas e socioeconômicas, os censos, são exemplos dos métodos baseados em entrevistas, em que os atributos são obtidos através da aplicação de questionários (FRANCISCO, 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.

A informação é um dado direcionado a um propósito, ou a uma finalidade particular. Silva (2003, p. 29) nos apresenta um panorama didático sobre esta diferenciação entre dado e informação:

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 corresponde a um conjunto de valores numéricos ou não a que corresponde à descrição de fatos do mundo real, enquanto a informação é um conjunto de dados que possui um determinado significado para um uso ou aplicação em particular, ou seja, foi agregado ao dado um componente adicional, a interpretação.

Um dos fatores que distingue os dados geográficos (ou espaciais) dos demais é o fato de que estes estão relacionados, geralmente, a superfícies contínuas, como a superfície topográfica, por exemplo.

Neste 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). Esta informação, então, provém da análise espacial realizada a partir de dados geográficos.

Quadro 16.1: Exemplos de tipos 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 (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, 2004).

Geoprocessamento e transdisciplinaridade

O geoprocessamento atende, em uma larga proporção, às geociências. Porém, não somente! Demais áreas científicas, administrativas e do ensino, das mais variadas e distintas possíveis, se utilizam deste 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.

Nos diversos campos da Biologia, por exemplo, são estudados os seres vivos. Para atender a pesquisas específicas nesta ciência pode ser mapeada a ocorrência de espécies e populações de flora e fauna, cruzadas 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 controle dos vetores.

Vimos na Aula 9 a importância dos mapeamentos para o turismo, enquanto atividade que se desenrola sobre o espaço. Devemos ainda ressaltar que o cruzamento de informações e análise espacial é fundamental para o planejamento e o desenvolvimento desta atividade.

Percebemos que em todas as áreas citadas, vemos 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, assim como é concebido a partir de distintas percepções sobre o mundo real. Assim sendo, o geoprocessamento é caracterizado por uma **transdisciplinaridade** quanto à sua concepção e aplicação.

Holístico(a)

Provém do grego *holos*, que significa “totalidade” ou “o todo”. Refere-se à compreensão da realidade como um todo integrado, cujas propriedades não podem ser reduzidas a unidades menores.

Transdisciplinaridade

Abordagem disciplinar que se territorializa *entre, através e além* das disciplinas, das fronteiras das mesmas (ARAÚJO, 2000).



Interdisciplinaridade e transdisciplinaridade

O vocábulo transdisciplinaridade foi enunciado pela primeira vez, segundo B. Nicolescu, por Jean Piaget em um colóquio de 1970, quando este proclamou:

...enfim, no estágio das relações interdisciplinares, podemos esperar o aparecimento de um estágio superior que seria “transdisciplinar”, que não se contentaria em atingir as interações ou reciprocidades entre pesquisas especializadas, mas situaria essas ligações no interior de um sistema total sem fraturas estáveis entre as disciplinas.

A transdisciplinaridade nutre-se da pesquisa disciplinar, da sua ampliação com a interdisciplinaridade, e procura ultrapassar ambas transbordando os seus limites, transpondo as fraturas do paradigma da disciplinaridade (ARAÚJO, 2000).



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Com base no **Quadro 16.1**, (re)crie exemplos de diferentes tipos de análise espacial, para uma região ou localidade qualquer de interesse, relacionadas (direta ou indiretamente) ao turismo, evidenciando um objetivo vinculado à representação e análise do espaço geográfico.

Resposta Comentada

Os exemplos criados podem todos estar vinculados ao turismo em uma mesma região ou localidade (município, bairro, parque etc.). Digamos que se esteja elaborando um estudo sobre turismo e meio ambiente na Ilha Grande/RJ, e lá estejam sendo realizados diferentes tipos de análises espaciais, objetivando o planejamento ambiental integrado ao turístico na ilha e a composição do Plano de Manejo do Parque Estadual da Ilha Grande, tais como:

Qual o número de atrativos turísticos por enseadas da Ilha Grande? (Condição).

Em quais pontos se localizam os atrativos turísticos histórico-culturais acima da cota 100m? (Localização).

Na enseada de Dois Rios havia a mesma visitação (atual) 5 anos atrás? (Tendência).

Qual a melhor trilha para acesso à praia do Aventureiro? (Roteamento). Qual a distribuição da infraestrutura de sinalização na enseada de Abraão? (Padrões).

Qual o impacto sobre o abastecimento de água nas vilas com o aumento do turismo? (Modelos).

Conclusão

O geoprocessamento atende a diferentes públicos, com diferentes perspectivas e objetivos. Pode ser concebido por todos, 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 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 um 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. Neste 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 você aprendeu sobre os fundamentos do geoprocessamento, explique como o mesmo pode auxiliar os estudos relacionados ao turismo. Considere em sua resposta a transdisciplinaridade do geoprocessamento e sua importância no tratamento da geoinformação.

Resposta Comentada

O turismo é uma das atividades econômicas e culturais desenvolvidas sobre a superfície terrestre e componente do espaço geográfico. Neste sentido, o tratamento computacional de dados geográficos para a geração de informações que auxiliem o desenvolvimento e planejamento desta prática, em uma perspectiva espacial, é fundamental. A visão holística sobre o espaço contribui para a resolução de problemas complexos que envolvem diversas áreas, inclusive as relacionadas ao turismo. O geoprocessamento integra elementos como os equipamentos (de entrada, armazenamento, processamento e saída de dados) e programas computacionais (para o tratamento dos dados geográficos e análises), que, vinculados aos recursos humanos (que comandam a modelagem do mundo real) e aos métodos de trabalho, permitem extrair valiosas informações de maneira rápida e eficaz digitalmente frente a um objetivo. Você pode ainda ter ressaltado que o geoprocessamento integra conhecimentos variados e pode atender a diferentes demandas, inclusive a das análises espaciais para o turismo, justamente por sua concepção transdisciplinar.

Resumo

O geoprocessamento envolve conhecimentos teóricos e práticos, com aplicações nas mais variadas áreas 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.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula abordaremos os Sistemas de Informação Geográfica – SIGs –, que configuram uma das ferramentas mais difundidas do geoprocessamento. Até lá!

17

Conceitos básicos de Sistema de Informação Geográfica – SIG

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Apresentar a definição e caracterização dos Sistemas de Informação Geográfica.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 definir Sistema de Informação Geográfica – SIG – e suas características;
- 2 analisar as principais aplicações em SIG;
- 3 identificar os critérios básicos para a adoção de um SIG em uma pesquisa e/ou projeto, e as principais plataformas disponíveis.

Pré-requisitos

Para acompanhar esta aula, é recomendável que você tenha entendido a Aula 10 de nosso curso, na qual abordamos a utilização de diferentes geotecnologias, além de nossa última aula sobre os fundamentos de geoprocessamento.

Introdução

Cada vez mais nos reconhecemos como parte integrante de uma sociedade informatizada. No trabalho ou em atividades de ensino, 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, relacionados ao geoprocessamento. Sua área de atuação, como vimos, envolve a coleta e o tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento de novos sistemas, aplicações e metodologias.

Os SIGs nos permitem armazenar simultaneamente dados cartográficos e alfanuméricos (atributos associados aos dados gráficos), 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 aplicações 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) frente a um objetivo e/ou necessidade, devemos (re)conhecer a sua estrutura básica, seus componentes e principais características, de um modo geral.

GIS, SIG, SGI...

Vimos em nossa última aula que o geoprocessamento conta com alguns itens básicos para sua (re)produção. São dados geográficos, equipamentos, programas computacionais, recursos humanos e métodos de trabalho. Atualmente, todas as etapas do geoprocessamento, desde a entrada, o processamento e até a saída de informações, são auxiliadas por sistemas.

Os programas computacionais para geoprocessamento podem ter funções específicas ou mesmo integrar várias funções. Dentre as específicas, há programas voltados para o tratamento de dados gráficos e outros, para a manipulação e extração de dados a partir das imagens de satélite (produtos do sensoriamento remoto). Há ainda aqueles que se comunicam com o GPS, para a transferência de dados do aparelho ao computador.

Porém, podemos dizer que um tipo de sistema é o mais representativo como ferramenta do geoprocessamento: o chamado Sistema de Informação Geográfica – SIG –, e suas derivações conceituais. Ele é o mais representativo pelo fato de agregar, em sua estrutura básica, muitas das funções que atendem à extração da informação geográfica e às análises associadas.



Figura 17.1: SIG – ferramenta computacional do geoprocessamento.

Fonte: Adaptado de <<http://www.sxc.hu/photo/935833>>; <<http://www.sxc.hu/photo/959917>>

Estes sistemas são utilizados em aquisição, processamento e saída de informações geográficas, realizam a integração dos mais diversos tipos de dados, geram mapas temáticos automaticamente, possuem funções de bancos de dados e de processamento de imagens etc. (IMAGENS..., 2010).

Esta tecnologia é mundialmente conhecida como GIS (*Geographic(al) Information System*). Em relação às terminologias, no Brasil alguns autores divergem quanto à tradução da sigla GIS. Pode ser traduzida tanto como Sistema Geográfico de Informação (SGI) quanto como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Rocha (2000, p. 48) definiu SIG como

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.

Xavier da Silva (2001, p. 40) 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.

Taxonômicos

Relacionados à taxonomia, à classificação dos objetos.

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 como podemos definir um sistema? 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 (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 ganho de conhecimento, a partir da análise espacial. Assim, os SIGs são voltados, principalmente, para as análises sobre o espaço.

Podemos ainda considerar mais uma variação conceitual dos sistemas que se voltam para a entrada, manipulação e saída de dados georreferenciados, sem que necessariamente agreguem funções de análise espacial ou que sejam especialmente arquitetados para essa finalidade. A esses sistemas, podemos denominar convencionalmente, aqui, “Sistemas de Informações Georreferenciadas”.

Alguns autores e pesquisadores tendem a generalizar os Sistemas de Informação Geográfica e os 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. O autor (2003, p. 45) então define que:

Os SIG's necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem da álgebra de mapas cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas).

Evolução dos SIGs e perspectivas atuais

Vimos em nossa Aula 10 um breve apanhado da evolução dos SIGs integrada ao surgimento da cartografia digital. Neste tópico iremos relembrar este histórico com enfoque nas perspectivas atuais.

Os Sistemas de Informação Geográfica surgiram há mais de três décadas. Eles têm se tornado ferramentas valiosas nas mais diversas áreas de conhecimento. O primeiro SIG de que

■ **Dr. Roger Tomlinson**

Geógrafo inglês nascido em 1933, pioneiro do moderno sistema de informação geográfica informatizada, considerado o “pai” do GIS.

se tem notícia surgiu em 1964 no Canadá (*Canada Geographic Information System*), por iniciativa do **Dr. Roger Tomlinson**. Embora tenha construído os módulos básicos de software e elaborado uma complexa base de dados, o que impulsionou o desenvolvimento de hardware, Roger Tomlinson só publicou seus trabalhos uma década depois.



Figura 17.2: Roger Tomlinson, o “pai” do GIS.

Fonte: Tratada por Rodrigo da Conceição (2010).



O Canada Geographic Information System foi desenvolvido na década de 1960 para dar assistência ao manejo do uso da terra e pesquisa monitorada no Canadá. Neste período, o país estava começando a perceber problemas relacionados aos seus limites e 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.

No final da década de 1970, a indústria dos SIGs começou a amadurecer. Somente no início dos anos 1980 começam a surgir as versões comerciais dos primeiros sistemas, que passaram a ter aceitação mundial.

A partir do final da década de 1990 houve um crescimento acentuado das aplicações de SIGs. Isso se deve, em parte, à disseminação do microcomputador pessoal, além da introdução de tecnologia de relativo baixo custo e alta capacidade de performance, tais como as **estações de trabalho** (*workstations*).

Nas últimas décadas, 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.

Os desenvolvimentos técnicos e tecnológicos, entre 1985 e 1990 especificamente, foram acentuados e rápidos. Podemos até mesmo afirmar que eles é que impulsionaram as aplicações (temas de estudos e análises). Foi exatamente o oposto do que ocorreu no início do processo na década de 1960. Naquele momento, havia aplicações, mas não existiam recursos físicos, nem mesmo para digitalização ou plotagem automatizadas.

Um dos grandes desafios do momento atual na área de SIG é mais de natureza organizacional e política do que tecnológica. Cabe à nossa geração avaliar a necessidade de implantação de SIGs integrados, descobrir maneiras de enxertá-los nas organizações governamentais e administrativas, encontrar maneiras eficientes e seguras de gerenciar, compartilhar e atualizar os dados georreferenciados.

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

Estações de trabalho

Nome genérico dado a computadores situados, em termos de potência de cálculo, entre o computador pessoal e o computador de grande porte.

entre setores. Além disso, diversos organismos são levados a coletar dados semelhantes em sistemas diferentes, limitando o acesso às informações (PINA; SANTOS, 2000).

No plano comercial do geoprocessamento, alguns dos problemas atuais são o acesso aos dados, a 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 (MENEQUETTE, 1999).

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* (DAVIS; CÂMARA, 2001).

■ Interoperáveis

Sistemas que possuem interoperabilidade, que se comunicam da forma mais direta possível entre si.

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 e geração de informações para a tomada de decisões, e à produção cartográfica.

A essas capacidades estão relacionados os componentes, ou subsistemas, de um SIG. Esses componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo 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 (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (DAVIS; CÂMARA, 2001).

■ Interface

Presença de uma ou mais ferramentas para uso e movimentação de qualquer sistema de informações. Em relação aos programas computacionais, a interface permeia um conjunto de características com o qual os utilizadores interagem com os mesmos. Ela fornece métodos para entrada, permitindo ao utilizador manipular o sistema, e para saída, permitindo ao sistema produzir os efeitos (as respostas) das ações do utilizador.

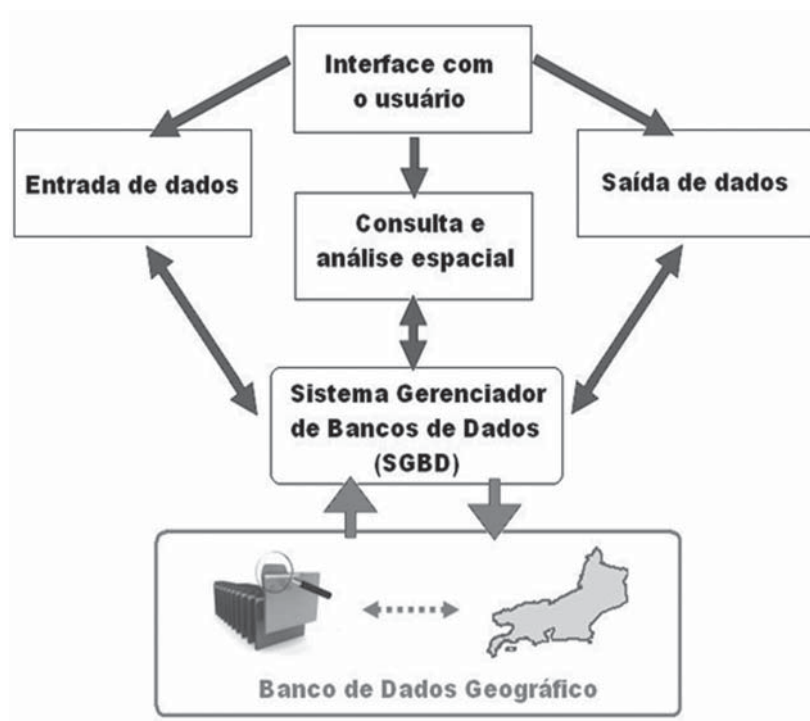


Figura 17.3: Características e estrutura geral de um SIG.

Fonte: Adaptado de Davis e Câmara, 2001.

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 17.3** compõem a estrutura geral de um SIG. Rocha (2000) atenta para este ponto ao considerar que, apesar de cada SIG possuir habilidades diferentes, existem alguns componentes básicos presentes nestes sistemas.

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 em 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 (PINA; SANTOS, 2001).

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 alfanuméricas (atributos), a partir da consulta e do processamento de bases de dados geográficos.

O armazenamento está relacionado ao que chamamos de “banco de dados”, foco de nossa próxima aula. A representação de dados gráficos pode ser sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de *pixels*), os quais abordaremos e nos quais nos aprofundaremos em nossa Aula 19.

Já a análise espacial dos dados gera novas informações a partir da base de dados existente, como vimos em nossa última aula de fundamentos de geoprocessamento. 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 (PINA; SANTOS, 2000).

A produção cartográfica em SIG está relacionada à saída de dados e congrega operações como representação gráfica dos elementos geográficos (cor, espessura e tipo de linha, símbolos), inserção de elementos de um mapa (legenda, seta norte, escala, grade de coordenadas, título, **toponímia**) etc. Estas operações envolvem o conhecimento da representação cartográfica de informações sobre o espaço, além da aplicação da escala de trabalho e generalização dos elementos.

■ **Toponímia**

Estudo do nome descritivo de um lugar. A palavra é derivada do termo grego *tópos*, que significa lugar, e *ónoma*, 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

Atende ao Objetivo 1

1. Leia atentamente a definição de SIG proposta por Pina e 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 dessa afirmação, resalte 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 nesta segunda parte da aula.

Aplicações em SIG

Para Aronoff (1989, 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 geoproc-

samento 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. Assim, os SIGs apresentam potencial para serem utilizados nas mais diversas aplicações, em qualquer área de conhecimento.

Como os SIGs permitem o cruzamento dos dados (considerando o banco de dados e a análise espacial), bem como a espacialização das informações, as aplicações permitidas se tornam inúmeras – das mais simples às mais complexas. Podemos, com o auxílio de um SIG e um banco de dados, 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.

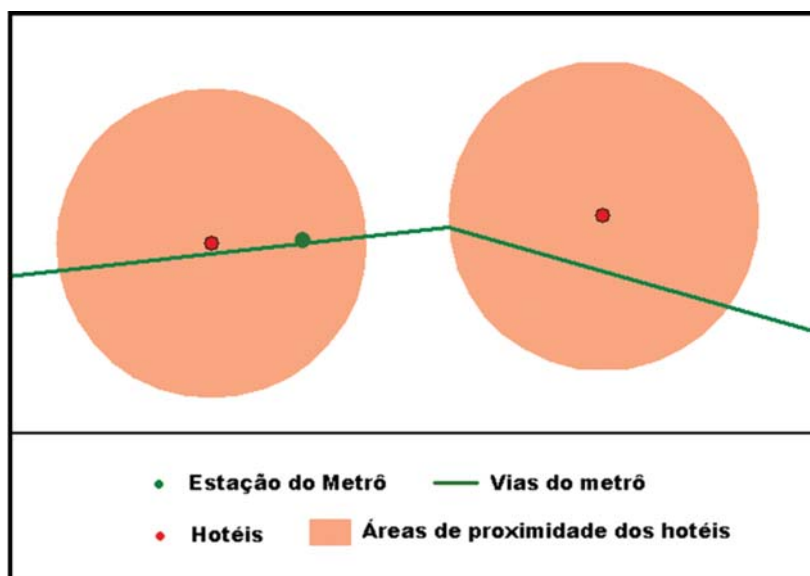


Figura 17.4: Áreas de proximidade em um raio de 150 metros a partir dos hotéis, cruzadas com a linha metroviária e estações. Análise realizada em SIG a partir de representações em uma escala de 1:5.000.

Fonte: Rodrigo da 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 o mesmo 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 (Geologia, Geografia, Biologia, Meio Ambiente, Engenharias, Turismo etc.) e ao ensino.

Quadro 17.1: Finalidades, objetivos e exemplos de áreas de aplicação dos SIGs

Finalidade	Objetivo	Área de aplicação (exemplos)
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 etc.
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos etc.
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento de serviços de utilidade pública; gerenciamento costeiro etc.
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 mapas de fragilidade ambiental etc.

Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal; monitoramento da expansão urbana etc.
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota; identificação de locais para implantação de atividades econômicas etc.

Fonte: Adaptado de Francisco, 2010.

Podemos dizer 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, logicamente 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 – e acadêmicas – para pesquisa e para o ensino (variando os valores pagos para adquirir cada uma delas).

Muitos órgãos administrativos, ONGs e empresas se utilizam de sistemas abertos ou 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, que veremos em nosso terceiro módulo).

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, gerenciamento de banco de dados etc. 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 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:

- 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 e Monteiro (2001), 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.

De modo geral, cada software foi originalmente projetado para resolver um conjunto específico de problemas em geoprocessamento. Esta vocação original dos programas não limita, propriamente, seu escopo de aplicação, mas o fato é que cada um terá seus pontos fortes e pontos fracos. Não se pode dizer que qualquer um deles é perfeitamente adequado para determinada aplicação, nem que corresponde perfeitamente aos objetivos a que teoricamente atende.

Uma grande parte dos SIGs é propriedade de empresas privadas que trabalham com licenças comerciais (para ensino e/ou pesquisa pública ou privada). Contudo, nos últimos anos, vêm surgindo vários sistemas gratuitos, além dos de uso livre (programas computacionais abertos).



Os sistemas gratuitos são aqueles que podem ser instalados e utilizados sem qualquer custo, porém mantida a integridade de concepção do sistema e a autoria de seus desenvolvedores. Os de uso livre também são gratuitos, com a diferença de que sua programação está disponível de forma aberta para qualquer um alterá-la de acordo com suas necessidades.

Os SIGs gratuitos e os de uso livre e aberto possibilitam que usuários sem recursos financeiros possam ser incluídos no mundo do geoprocessamento, sem a necessidade de grandes investimentos. Contudo, é necessária uma cuidadosa análise antes de se fazer a opção por qualquer tipo de programa (IMAGENS..., 2010).

Sendo assim, como escolher um SIG adequado às suas necessidades? O melhor caminho é o de focalizar os esforços na identificação destas necessidades, graduando sua importância para a aplicação. Desta forma, será possível analisar objetivamente os *softwares* candidatos a resolver o problema, pontuando suas aptidões de acordo com a escala de prioridades previamente composta.

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 etc.

Conforme já dito, não se deve esperar encontrar um sistema que preencha perfeitamente as necessidades do projeto, pois este sistema provavelmente não existe. A compreensão deste fato deve levar a uma maior flexibilidade na elaboração das especificações para aquisição do SIG.



A grande variedade de SIGs disponíveis no mercado brasileiro exige que um eventual comprador esteja bem a par de suas necessidades, para que seja capaz de especificar o software com sucesso. Características que devem ser investigadas em cada software candidato, de acordo com o interesse, e para testar sua adequação às necessidades do projeto, incluem interface amigável, possibilidade de atualização do programa para o português e disponibilidade de manuais no mesmo, o potencial de interoperabilidade, recursos para a conversão de dados, capacidades de importação e exportação de dados, capacidade de produção de saída (layout dos produtos: mapas, relatórios etc.), funções de análises básicas e complexas disponíveis, funções de edição dos dados gráficos, tipos de armazenamento dos dados e formas de consulta, confiabilidade comercial, entre outros (DAVIS; CÂMARA, 2001).

Exemplos de SIGs difundidos no mercado e em pesquisas

Como já dito, existem inúmeros programas para geoprocessamento disponíveis no mercado comercial e por centros de pesquisas, cada qual integrando funções distintas dos SIGs. Os programas podem ser comerciais (pagos), gratuitos ou livres (sistemas abertos).

Os Sistemas de Informação Geográfica ou Sistemas de Informação Georreferenciada estão classificados de acordo com suas funções e apropriação por parte dos usuários de seus módulos e extensões para expansão do sistema (agregando funções de análise, por exemplo).

Quadro 17.2: Alguns dos mais utilizados Sistemas de Informação Geográfica e Sistemas de Informação Georreferenciada

Nome	Empresa ou instituição	Licença	Principais funções	Página na internet
Arcis e arcinfo	ESRI (distribuidora no Brasil: Imagem)	Comercial	CAD; consulta ao banco de dados; extensões de análises espaciais e estatísticas	www.esri.com/software/arcgis/ www.esri.com/arcinfo www.img.com.br/

MAP INFO	Pitney Bowes Business Insight	Comercial	CAD; análise de rede	http://www.mapinfo.com.br/
Autocad Map 3D	Autodesk	Comercial	CAD; análises espaciais básicas	www.autodesk.com.br/
Saga* – Sistema de Análise Geoambiental	LAGEOP/UFRJ	Gratuito	Módulos espaciais para análise ambiental	www.lageop.ufrj.br/saga.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/
QUANTUM GIS	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 Tecnologías de Informacción	Livre	Gerenciamento e análise de dados	www.gvsig.gva.es/

*Sistemas desenvolvidos no Brasil.

Fonte: Conceição (2010).



Atividade

Atende aos Objetivos 2 e 3

2. Dentre os sistemas contidos no **Quadro 17.2**, escolha um e pesquise sobre suas aplicações práticas. Antes de começar a sua pesquisa, vale a pena dar algumas dicas, como dar preferência aos sistemas nacionais gratuitos e que utilizem como fonte de pesquisa a página do programa escolhido (indicada no próprio quadro). Como atividade, indique ao menos duas aplicações, considerando em sua pesquisa o tema e/ou a área à qual se destina, com exemplos práticos.

Resposta Comentada

Em sua pesquisa você pode ter encontrado na página do programa escolhido informações sobre sua aplicação, assim como pode ter visualizado a partir de busca na internet trabalhos que envolvessem a utilização do mesmo. Você pode ter notado que as aplicações (exemplificadas tomando por base o sistema escolhido) estão quase sempre relacionadas à consulta ao banco de dados e/ou à análise espacial, que caracterizam os SIGs.

O programa Saga, por exemplo, possui na página principal do Lageop – Laboratório de Geoprocessamento/UFRJ –, na qual é desenvolvido o sistema (<<http://www.lageop.ufrj.br/index.php>>), exemplos práticos de sua aplicação. Dentre eles podem ser destacadas as análises espaciais relacionadas ao monitoramento ambiental (evolução de um fenômeno) e ao risco ambiental (avaliação de um risco), com produtos em forma de mapas.

Você pode ter pesquisado sobre outros programas SIG gratuitos, como o SPRING. Este oferece em sua página um cadastro de trabalhos científicos que utilizaram o sistema em suas respectivas metodologias (<<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/publicacoes.php>>), e podemos destacar nesta opção de busca aplicações como o mapeamento de uso do solo (a partir do processamento de imagens) e criação e tratamento de banco de dados para caracterização territorial de municípios e referência para planos diretores.

Conclusão

Um Sistema de Informação Geográfica viabiliza estudos e pesquisas a partir de dados geográficos em meio digital, com o auxílio de suas funções de gerenciamento do banco de dados, análises espaciais e produção cartográfica. É uma das ferramentas executoras (com o comando do homem) 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 dos mesmos.



Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Com base na definição de SIG, suas características, aplicações e critérios de adoção apresentados, crie uma proposta (o resumo de um anteprojeto) em turismo indicando a utilização de um ou mais sistemas específicos (recorra aos **Quadros 17.1 e 17.2**, além do conteúdo de análise espacial apreendido em nossa última aula). Justifique sua escolha.

Resposta Comentada

Já é de nosso conhecimento que as análises espaciais contribuem para pesquisas e projetos envolvendo a prática e o planejamento do turismo. Um banco de dados geográfico pode possuir diversos dados de interesse para o turismo. Assim sendo, há uma gama de possibilidades em termos de propostas e aplicações em SIG, tanto em relação à consulta ao banco de dados geográfico como em relação às análises espaciais. Tomando por base os sistemas exemplificados na Atividade 2, você pode ter imaginado uma proposta de avaliação do potencial natural de uma região qualquer para o turismo de aventura, utilizando para tal o banco de dados disponível da área e o programa SAGA para realizar as análises, já que o mesmo possui funções de avaliação de riscos e potenciais, além de ser um programa gratuito e em português. Outra possibilidade (de proposta) seria a de caracterização da infraestrutura turística em determinada zona, a partir do tratamento de banco de dados (aquisição, entrada, edição e consulta) no SPRING (que contempla funções de CAD e consulta ao banco de dados), para a implantação de um parque temático. Nestas propostas, pode estar prevista, inclusive, uma equipe para a composição e o tratamento da base e/ou banco de dados nos programas.

Resumo

Sistema de Informação Geográfica – SIG – pode ser definido como um sistema em ambiente computacional visando a aquisição, armazenamento, manipulação, análise e 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.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos de forma mais aprofundada os tópicos relacionados ao banco de dados geográfico em SIG. Até breve!

18

Armazenamento de dados em SIG: o que é banco de dados?

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Apresentar o banco de dados geográfico e suas concepções em SIG: o subsistema de gerenciamento.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 definir e analisar a base e o banco de dados geográfico;
- 2 caracterizar um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados em SIG.

Pré-requisitos

Para acompanhar esta aula, é recomendável que você tenha fixado bem os fundamentos de geoprocessamento e introdução aos SIGs, vistos nas Aulas 16 e 17 de nosso curso.

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, necessitamos de dados, a serem organizados, processados e manipulados. Dependendo do tipo de informação que queremos extrair, 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 dos elementos imprescindíveis. 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 e com o objetivo de atender a uma comunidade de usuários (UNIVERSIDADE..., 2010). 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 através de códigos ordenados.



Figura 18.1: Lista telefônica: exemplo de banco de dados.

Fonte: Picaland, <http://www.sxc.hu/photo/138003>

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, e que possibilita o acesso e a reorganização dos mesmos e a produção de informação. Logo, ao conceito de banco de dados está relacionado o de compartilhamento, organização e controle.

O compartilhamento dos dados evita a redundância e inconsistência dos mesmos, 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 irá gerar uma reprodução de erros no banco de dados, o que irá afetar 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 (2010), 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; pode ser simples ou complexo, dependendo da diversificação dos dados vinculados a um tema e suas classificações; pode ter o caráter físico (arcaico) ou ser estruturado em meio digital.

Na era da informação, com o avanço da informática e das tecnologias associadas, há, de acordo com Barcelar (op. cit.), uma grande variedade de bancos de dados em meio digital, desde simples tabelas armazenadas em um único arquivo até um conjunto com milhões de registros, armazenados em discos rígidos, gerenciados por uma determinada aplicação.

Ainda segundo este 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, bem como a redução do esforço humano em seu desenvolvimento e utilização.



Figura 18.2: Formas de armazenamento dos dados – a compactação dos mesmos em meio digital.

Fonte: Adaptado de <http://www.sxc.hu/photo/613681>; <http://www.sxc.hu/photo/677923>

Base e 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 diferenciar os dois termos: a base de dados é o aspecto físico, e o banco de dados é o 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.

Neste 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 nos quais 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. Estes elementos podem ser armazenados em meio digital, na forma de bases de dados, através de duas componentes: gráfica (ou espacial) e alfanumérica (ou não gráfica).

A representação gráfica descreve a localização espacial das feições e dos elementos, 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. A topologia descreve como as feições lineares estão conectadas, como as áreas são limitadas e quais áreas são contíguas (de contato próximo ou vizinhas, adjacentes, conectadas, contidas umas nas outras ou pertinência).



Quando uma casa está ao lado de outra em um terreno, dizemos que essas feições estão adjacentes; quando um terreno está ao lado de outro mas separado por uma rua, por exemplo, dizemos que há uma topologia de contato próximo. Mas se temos uma feição linear em um mapa, como, por exemplo, um rio ou uma estrada, dizemos que os nós entre as linhas fazem com que estejam conectadas em uma rede de linhas e nós. Já ao construirmos uma feição poligonal em um mapa, podemos construí-la com alguma coisa em seu interior, como, por exemplo, uma área ocupada por uma construção dentro de uma área de floresta. Nesse caso, dizemos que são feições topológicas de pertinência ou contingência, pois uma está contida na outra.

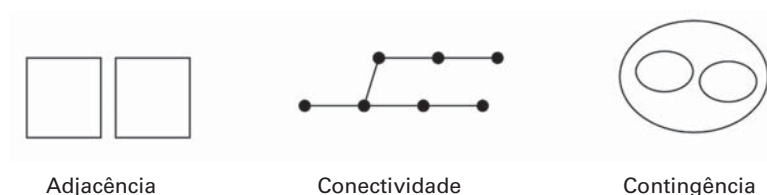


Figura 18.3: Tipos de topologias dos dados geométricos das feições cartográficas.

Fonte: Vivian Costa, 2011.

Contudo, a representação cartográfica é, muitas vezes, insuficiente, na medida em que não podemos extrair outras informações ao mesmo tempo. Por exemplo, ao visualizar uma representação gráfica como a área de um município, não há como saber qual a população 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), ou seja, na componente alfanumérica da

base de dados as linhas representam os registros, e as colunas, os atributos, formando assim as tabelas. Os nomes das colunas responsáveis pelo armazenamento propriamente dito das informações, as quais chamamos de atributos, são definidos como campos.

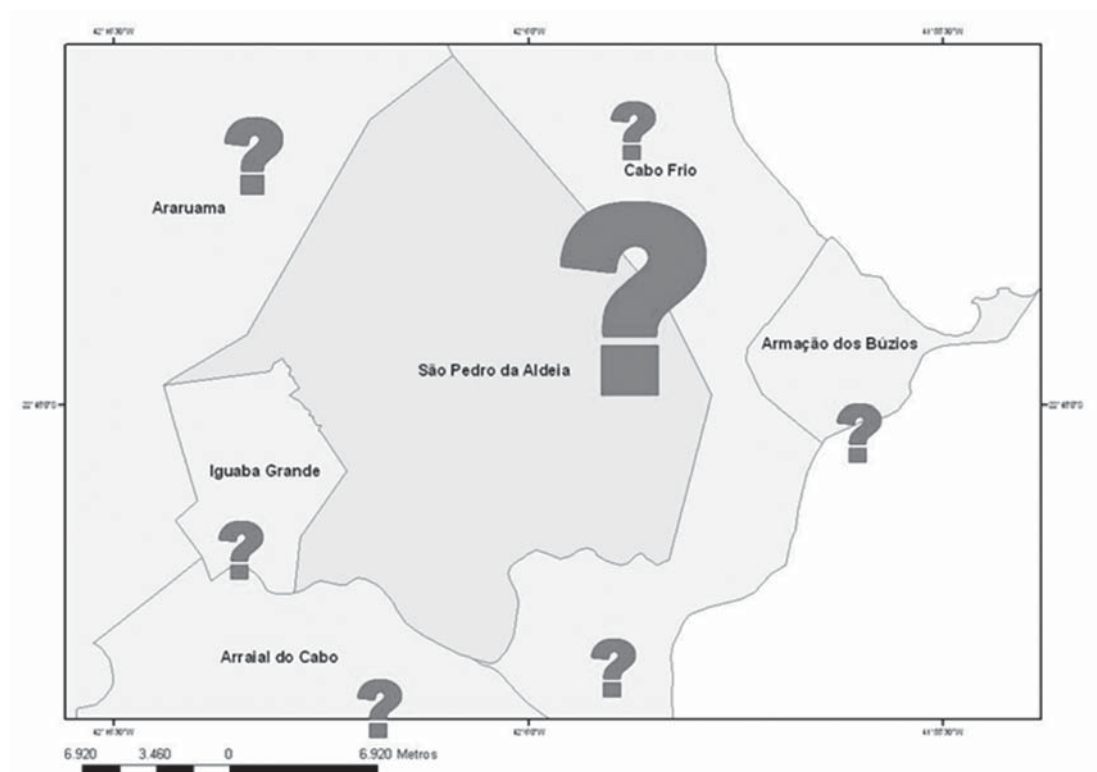


Figura 18.4: Será que a componente gráfica (topologia em um mapa) de uma base de dados fornece todas as informações desejadas isoladamente?

Fonte: Rodrigo da 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 acima, podemos entender o número de pessoas residentes e as principais atividades econômicas desenvolvidas como atributos do elemento “município”.

Campos	Atributos		
	NOME	POP_RESIDENTE	ECONOMIA
Registros	Araruama	107.285	TURISMO, SALINAS E AGRICULTURA
	Armação dos Búzios	27.701	TURISMO
	Arraial do Cabo	26.636	PESCA E TURISMO
	Cabo Frio	180.635	AGRICULTURA, AGROPECUÁRIA
	Iguaba Grande	22.199	TURISMO, PESCA E AGROPECUÁRIA
	São Pedro da Aldeia	80.000	PESCA, TURISMO E COMÉRCIO LOCAL

Figura 18.5: Fragmento de tabela de uma base de dados com linhas (campos e registros) e colunas (atributos).

Fonte: Rodrigo da Conceição, 2010 (Informações do Governo do Estado do Rio de Janeiro).

Desta maneira, tomando por base distintas representações alfanuméricas, podemos exemplificar como atributos: a *classificação* de feições geomorfológicas, o *número de alunos* nas escolas, a *densidade de tráfego* associada às vias públicas ou o *número de visitas* a atrativos turísticos em determinado período.

A componente alfanumérica de uma base de dados relaciona-se com a componente gráfica através de identificadores comuns denominados **geocódigos**.

Geocódigos

Códigos identificadores comuns que relacionam os dados em suas formas gráfica e alfanumérica, atuando como um “elo” entre as mesmas.

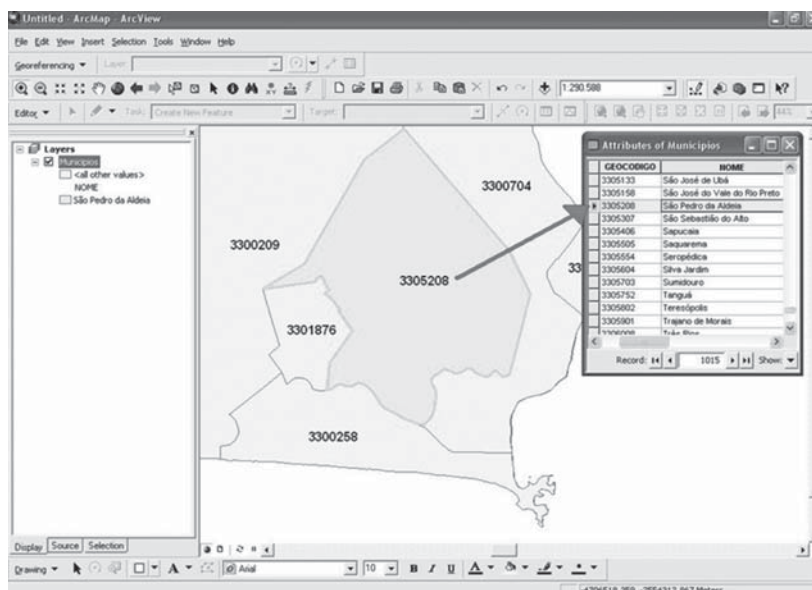


Figura 18.6: Tela do sistema de informações georreferenciadas ArcGIS 9.1, demonstrando o relacionamento entre as componentes gráfica e alfanumérica da base de dados de municípios, através de geocódigos.

Fonte: Licença de utilização do sistema comercial ArcGIS 9.1: NEPGEO / IGEOG / UERJ. Fonte do banco de dados: CIDE, 2001.

Desta forma, ao selecionar um objeto gráfico no mapa, podemos saber o valor dos seus atributos; inversamente, selecionando um registro na tabela, é possível saber sua localização e apontá-la em um mapa.

Cabe ressaltar que a organização dos registros na tabela é feita de acordo com técnicas convencionais de banco de dados. Falaremos sobre a organização e o gerenciamento de banco de dados no próximo tópico.



Para realizar as operações de georreferenciamento em um SIG, é necessária a presença de um indexador que permita associar informações dos arquivos de atributos (alfanuméricos) com os arquivos geográficos (espaciais), denominados geocodificadores. A variável geocodificadora deve estar presente nos bancos de dados gráficos e nos bancos de dados não gráficos, estabelecendo uma ligação entre eles (PINA; SANTOS, 2000).

Diferentes bases de dados agregadas a um projeto em SIG permitem o cruzamento de “Planos de Informação” (PIs) 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 organização das bases de dados em camadas de dados não existe simplesmente 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., 1996).

Entidade

Qualquer elemento geográfico, ligado à natureza ou resultante da ação direta do homem, que é de interesse para a aplicação.



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1.

a) Hoje em dia, absorvemos um grande volume de informações e, por muitas vezes, deparamo-nos com grandes massas de dados. Com base nisto, defina “banco de dados”, ressaltando a sua importância para o desenvolvimento de aplicações.

b) Com relação ao banco de dados geográfico, associe as características a seguir às subcomponentes gráficas (1) e alfanumérica (2) 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

a) Como você deve ter entendido, um “banco de dados” refere-se a um conjunto de dados integrados a um propósito específico. Neste sentido, os bancos de dados facilitam a organização e a geração de informação. O acesso e a consulta tornam-se mais rápidos e viáveis por parte dos usuários, em busca da absorção de informação.

b) A associação deve ser:

(2) É expressa por meio de tabelas.

(1) Também conhecida como “espacial”.

(1) Nesta visualizamos a geometria das feições.

(2) Congrega os atributos de um elemento.

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 os mesmos 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.

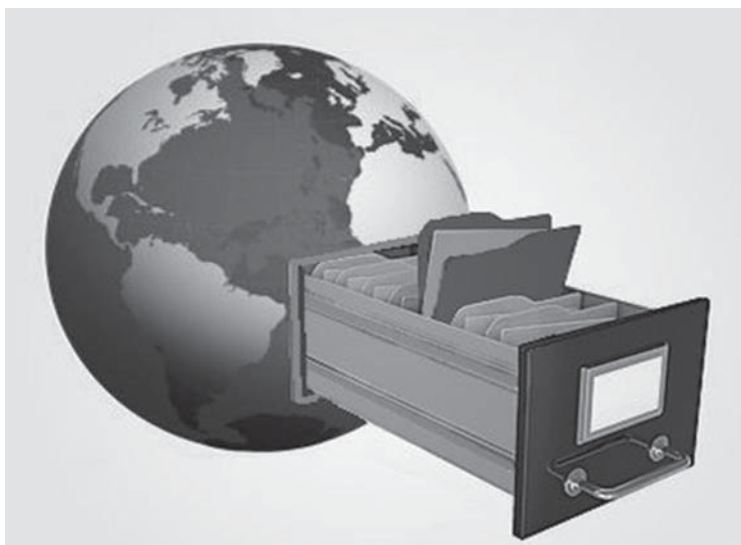


Figura 18.7: Banco de dados geográfico – como gerenciá-lo?
Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

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, estes sistemas surgiram para atender à necessidade de armazenamento, inserção e recuperação de grandes volumes de dados em meio computacional, propiciando um ambiente seguro e adequado (HEUSER, 2004; BARCELAR, 2010).

Segundo Meneguete (1999), 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.

O primeiro SGBD comercial surgiu no final da década de 1960 com base nos primitivos sistemas de arquivos disponíveis na época, os quais não controlavam o acesso simultâneo por vários usuários ou processos. Os SGBD evoluíram desses sistemas de arquivos de armazenamento em disco, criando novas estruturas de dados com o objetivo de armazenar informações. Com o tempo, os SGBD passaram a utilizar diferentes modelos de dados para descrever a estrutura das informações, contidas em seus bancos de dados (TAKAI et al., 2005).



Os primórdios do banco de dados na computação

Como muitas outras tecnologias utilizadas na computação industrial, os fundamentos de bancos de dados surgiram, na década de 1960, na empresa americana IBM (International Business Machines) voltada para a área de informática. Esta tecnologia desenvolveu-se por meio de pesquisas de funções de automação de escritório. Foi um período da história no qual as empresas descobriram que era muito custoso empregar um número grande de pessoas para fazer trabalhos como armazenar e indexar (organizar) arquivos. Por este motivo, a IBM investiu em pesquisas, pensando em um meio mais barato com uma solução mecânica eficiente. Assim, um dos primeiros sistemas de banco de dados foi o IMS (*Information Management System*), lançado no final da década de 1960 (BARCELAR, 2010).

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 capacidades de consulta e processamento integrado do banco de dados geográfico.

Em SIG, este subsistema refere-se à maneira como os dados são estruturados e organizados, tanto como estes devem ser manuseados no computador quanto como os dados são percebidos pelos usuários do sistema. É importante frisar que os dados são relativos ao posicionamento, à topologia (relacionamentos) e aos atributos dos elementos geográficos (SANTOS, 2008).

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 gráficos.

Neste 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, os mesmos ficam armazenados em um local externo à base de dados tabular. Na arquitetura integrada, o SGBD armazena todos os dados no banco de dados.

Rocha (2000) atenta para o fato de que o sucesso da implementação de um SIG depende da qualidade da transposição dos elementos e ocorrências do mundo real para um sistema em meio computacional. Segundo o autor (p. 61), “a representação informatizada de informações com componente espacial poderá ser bastante complexa, diminuindo a semelhança entre o modelo conceitual dos dados e sua implementação física”.

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 (SANTOS, 2008).

Os modelos ou estruturas de armazenamento mais difundidas são: “hierárquico”, “de rede”, “relacional” e “orientado a objetos”.

Veremos cada um destes modelos mais detalhadamente a seguir:

a) Modelo hierárquico

Neste modelo, os dados são estruturados em hierarquias (ou árvores). O registro da hierarquia que precede a outros é o registro-pai (raiz), os outros são chamados de registros-filhos (TAKAI, 2005). Uma entidade tem apenas um pai, mas pode ter vários filhos.

De acordo com Santos (2008), embora os sistemas hierárquicos tenham a vantagem de serem de fácil compreensão e atualização, neste modelo a busca é restrita aos caminhos para cima e para baixo, ou seja, neste modelo as pesquisas são feitas através da estrutura em árvore, o que pode tornar ineficiente uma busca entre entidades com muitas outras intermédias.

Um diagrama de estrutura de árvore descreve o esquema de um banco de dados hierárquico. Por exemplo, em um município todos os bairros são filhos deste. Os filhos dos bairros são as quadras dentro de cada bairro. Se um registro de um bairro for eliminado, todas as quadras também serão eliminadas automaticamente.

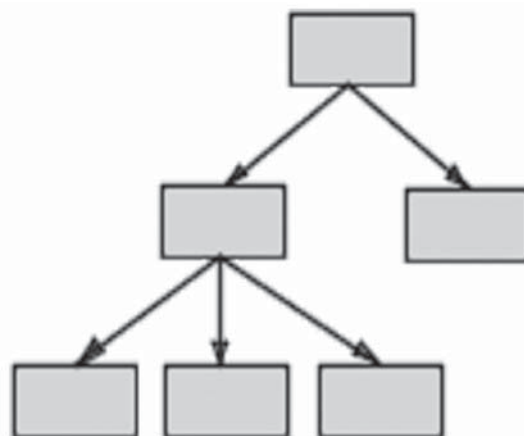


Figura 18.8: Exemplo de modelo de banco de dados hierárquico.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

b) 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.

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, 2005).

Neste modelo há maior rapidez na resposta às pesquisas, mas, em contrapartida, maior dificuldade na alteração da organização das relações entre entidades.

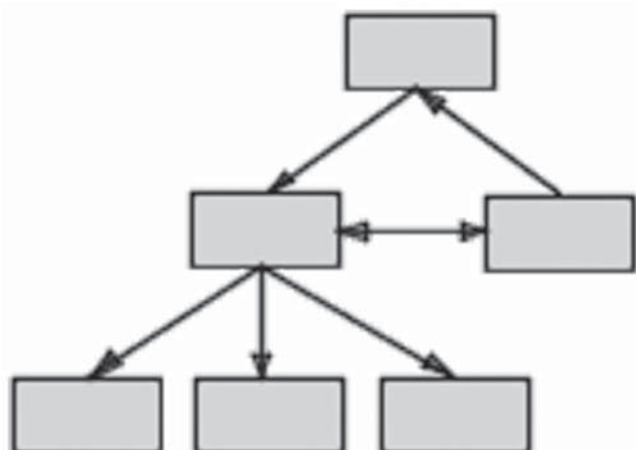


Figura 18.9: Exemplo de modelo de banco de dados em rede.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

c) 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. As colunas ou campos correspondem aos atributos dos elementos. Sequencialmente, uma linha em uma tabela representa um relacionamento entre um conjunto de valores.

Rocha (2000) indica que, neste modelo, os diversos arquivos são ligados entre si de forma apenas lógica. Cada arquivo ou tabela, como são chamados os arquivos no modelo relacional, contém diversos campos (ou colunas), e, para se relacionar com outro arquivo, basta que este novo arquivo tenha um desses campos. Segundo Santos (2008), os dados são extraídos da base de dados relacional através de um procedimento no qual o usuário define a relação que é apropriada para a consulta.

Ainda de acordo com Rocha (op. cit.), este modelo é capaz de implementar os conceitos de todos os modelos anteriormente apresentados, simulando seu funcionamento e, se necessário, podendo substituí-los.

As regras de relacionamento fazem com que as tabelas associem-se 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 ou entidade. Se usarmos como exemplo uma tabela de funcionário de uma empresa que se relaciona com uma tabela de cargo, o relacionamento irá proporcionar uma lista de cargos para a tabela de funcionários através do registro do nome destes e a sua função (ou cargo) que será associado ao nome.

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).

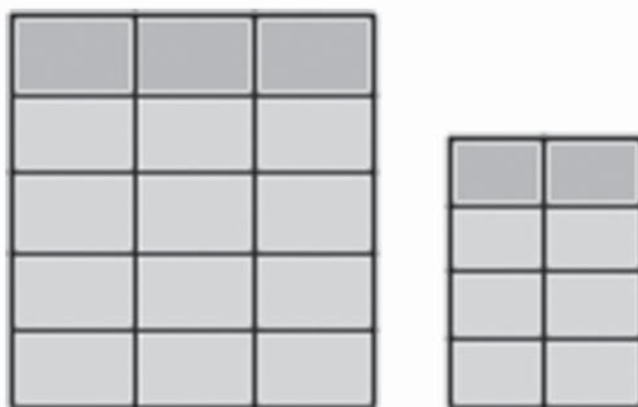


Figura 18.10: Exemplo de modelo de banco de dados relacional.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>

d) Modelo orientado a objetos

Nos últimos anos, com o aumento da utilização dos SGBDs, observou-se que estes não eram completamente adequados para processar a informação geográfica, determinando assim o desenvolvimento e a aplicação de alternativas, tais como os sistemas com modelo orientado a objetos.

Rocha (2000) entende que a unidade fundamental de recuperação e armazenamento de dados e informações neste modelo passa a ser o objeto. Neste caso, o objeto é uma estrutura de dados que contém, além de suas informações gráficas e alfanuméricas, informações sobre o relacionamento deste objeto com outros objetos.

Os sistemas que se baseiam no modelo orientado a objetos necessitam guardar representações das estruturas de dados que utilizam no armazenamento permanente (TAKAI, 2005).

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 significa 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 (os quais 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).

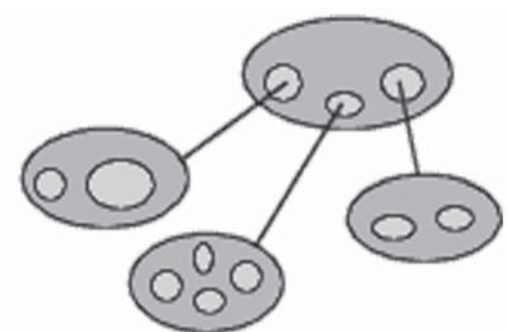


Figura 18.11: Exemplo de modelo de banco de dados orientado a objetos.

Fonte: <http://pt.kioskea.net/contents/bdd/bddtypes.php3>



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Em 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 destes modelos, defina um SGBD, ressaltando a sua importância para o tratamento da informação geográfica em SIG.

Resposta Comentada

Um SGBD, como você deve ter entendido, é um subsistema que presta serviços com relação à organização, armazenamento e 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 em 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. Esta 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:



Fonte: Rodrigo da Conceição (2010). Gerado a partir de base de dados do CIDE (2001).

A partir desta representação gráfica:

1. Crie um tema de interesse para estudo voltado para o turismo na região de governo das baixadas litorâneas.
2. 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.
3. 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 ao turismo, tais como a caracterização da infraestrutura de serviços ou os impactos do turismo na economia e/ou 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 com relação ao mapa (componente gráfica), para 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 de atendimento ao turista, poderiam ser criados atributos tais como: número de centros turísticos, número de delegacias, número de hospitais etc.

Nesta tabela, cada linha corresponderá a uma feição contida no mapa (municípios), e cada coluna, a um atributo imaginado. Neste 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 o mesmo conta com apenas um plano de informação (o de municípios), no qual 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 representação espacial dos mesmos.

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 interrelacionados, 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 gráfica (espacial) e não gráfica (alfanumérica), e está sob o controle de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBDs). As bases gráficas e não gráficas estão ligadas por um código de indexação, denominado geocódigo, o qual 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 em SIG.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos mais aprofundadamente os tipos de representação e estruturas de dados. Até lá!

19

Formatos de representação e estruturas de dados espaciais

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Apresentar os formatos de representação dos dados utilizados em SIG, compreendendo a caracterização do modelo vetorial e do modelo matricial.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 caracterizar os formatos de representação e estruturas de dados;
- 2 descrever os formatos de representação dos dados utilizados em SIG e suas aplicações.

Pré-requisitos

Para o entendimento desta aula, é recomendável que você releia a Aula 10 sobre cartografia e novas tecnologias, na qual abordamos a digitalização vetorial e *raster*, além de nossas duas últimas aulas sobre SIG e banco de dados.

Introdução

Vimos em nossa última aula que um banco de dados geográfico pode ser composto por dados espaciais e alfanuméricos, e que é gerenciado por um sistema (ou subsistema) com suporte à organização e recuperação dos dados. O banco de dados geográfico é visto como não convencional justamente por se agregar à componente espacial, visto que os bancos de dados convencionais lidam somente com dados alfanuméricos. Neste caso, os dados espaciais correspondem à representação cartográfica do mundo real, em meio digital.

Para o melhor entendimento sobre a componente espacial de um banco de dados, é necessária a resolução dos seguintes questionamentos: Como estes dados espaciais apresentam-se? Qual o formato dos arquivos? Qual a sua estrutura em um banco de dados? Em um SIG, os dados geográficos são visualizados em planos de informação, também denominados camadas. A componente espacial de uma camada pode ser composta por uma ou mais feições gráficas, do tipo ponto, linha ou polígono. Em outros casos, em uma camada, as feições podem ser reconhecidas sob a forma de imagem digital.

Nesta aula, veremos como são representados os dados espaciais e os formatos utilizados em geoprocessamento.

Formatos de representação dos dados

Os dados espaciais podem ser representados em um SIG a partir de duas formas distintas e com características próprias: o modelo vetorial e o modelo matricial (mais conhecido como *raster*).

No modelo vetorial, as entidades do mundo real são armazenadas e representadas graficamente em um SIG, por meio de vetores (pontos, linhas e polígonos). Já no modelo matricial, ou *raster*, a representação está sob a forma de uma imagem digital, por meio de uma matriz de *pixels* (ver Aula 10).

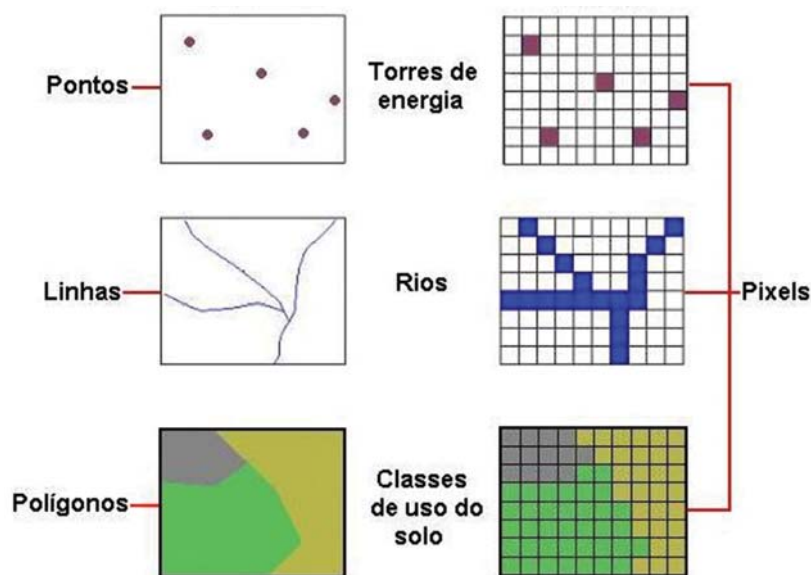


Figura 19.1: Comparação entre representações de diferentes objetos do mundo real por meio de vetores e *pixels*.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

O que determina a adoção de um modelo de dados espaciais? Com base nesta pergunta, podemos recorrer a Miranda (2010, p. 124), de modo que possamos 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.

No próximo tópico, apresentaremos tais modelos para que o questionamento já exposto possa ser respondido.

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 (DPI/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 que não é possível representar em sua dimensão (área). Podemos tomar como exemplos os portos de um país, representado em escala pequena, ou os atrativos turísticos de uma cidade, em escala média ou mesmo grande.

Vértices

Pontos em comum entre segmentos de uma figura geométrica.



A escala adotada em um mapeamento define a generalização dos elementos. Assim sendo, uma entidade com aspecto de área no mundo real pode ser representada vetorialmente como um ponto na armazenagem digital, objetivando análises e geração de mapas em escalas sem nível de detalhe com relação aos objetos mapeados.

Nós

Representam os vértices inicial e final dos arcos, além das feições pontuais.

Fonte: Francisco (2010).

As linhas ou arcos constituem um conjunto de coordenadas (x, y) que descrevem uma linha contígua no espaço, com no mínimo dois vértices conectados. São utilizados para representar entidades que têm apenas a dimensão em comprimento ou como limites de polígonos. Estes vetores são comumente utilizados para a representação em meio digital de rios, trilhas ecoturísticas, estradas, ferrovias etc. Cabe mencionar que os arcos possuem **nós**.

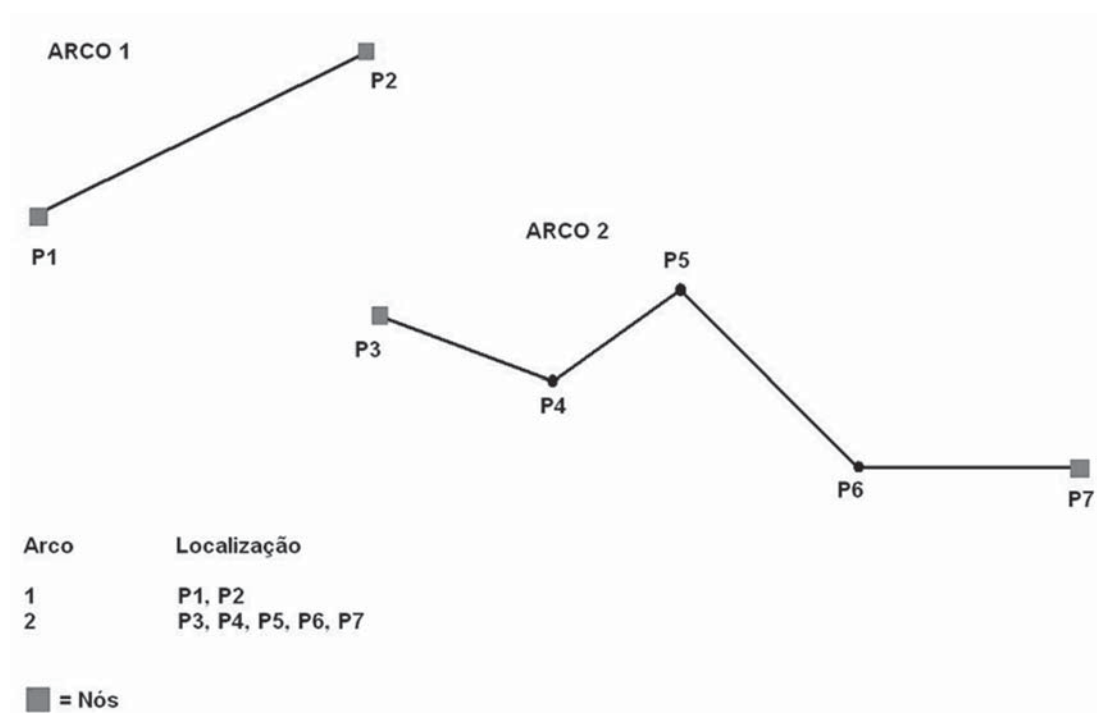


Figura 19.2: Exemplo de representação de arcos e nós.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Finalmente, os polígonos compreendem áreas limitadas por arcos. Cada polígono é construído a partir da lista de arcos que o definem e é representado 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.



O formato vetorial é, em geral, resultado da digitalização de mapas, a partir do processo de vetorização. Atualmente, este processo é amplamente realizado, utilizando imagens de origem digital (imagens de satélite, por exemplo) e sistemas CAD e SIG.

De acordo com Miranda (2010), no modelo vetorial o espaço existente entre entidades gráficas não precisa ser armazenado. O autor complementa que, neste modelo, além da definição de localização e forma mais precisa possível, são utilizadas relações implícitas que permitem o armazenamento de dados complexos em espaço mínimo.

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: a estrutura *spaghetti* e a 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 . Neste 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 *spaghetti* possui esta denominação propositalmente, pois os segmentos gráficos de arcos ou linhas poligonais de um objeto lembram fios de espaguete enrolados, formando geometrias que por muitas vezes podem compartilhar uma mesma localização, porém repetidas.

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 com-

ponente topológica. Como já vimos, a topologia é responsável pela representação dos relacionamentos espaciais. Neste sentido, esta estrutura é amplamente utilizada pelos SIGs.

A topologia permite o estabelecimento das seguintes relações espaciais entre os elementos (FRANCISCO, 2010):

- **Pertinência:** os arcos definem os limites dos polígonos fechados, definindo uma área.

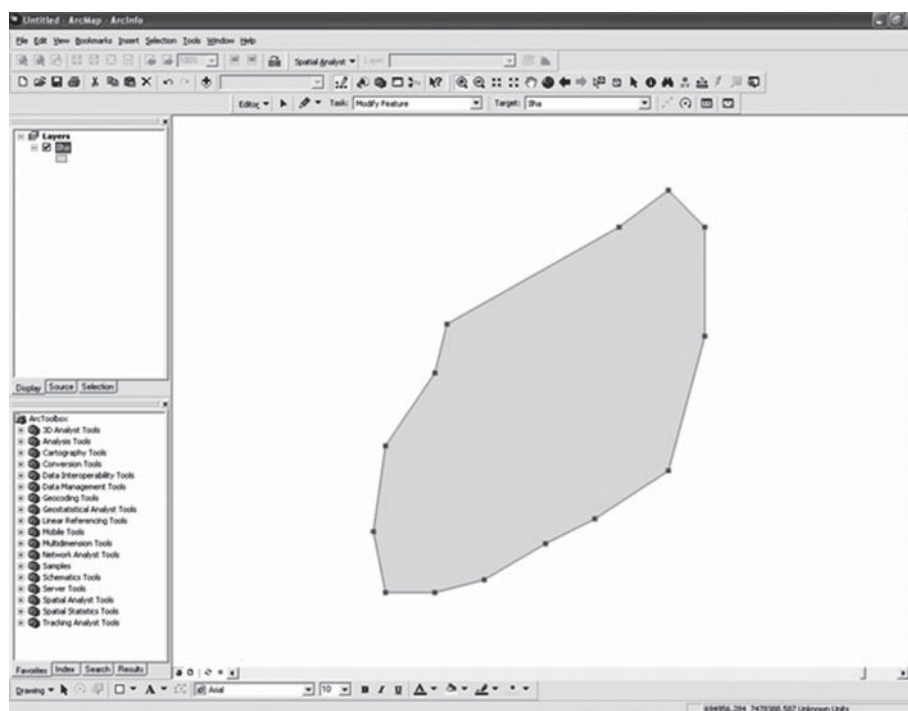


Figura 19.3: Tela do ArcGIS, contendo um exemplo de pertinência. Licença de utilização do sistema comercial NEPGEO/IGEOG/UERJ.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

- **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).

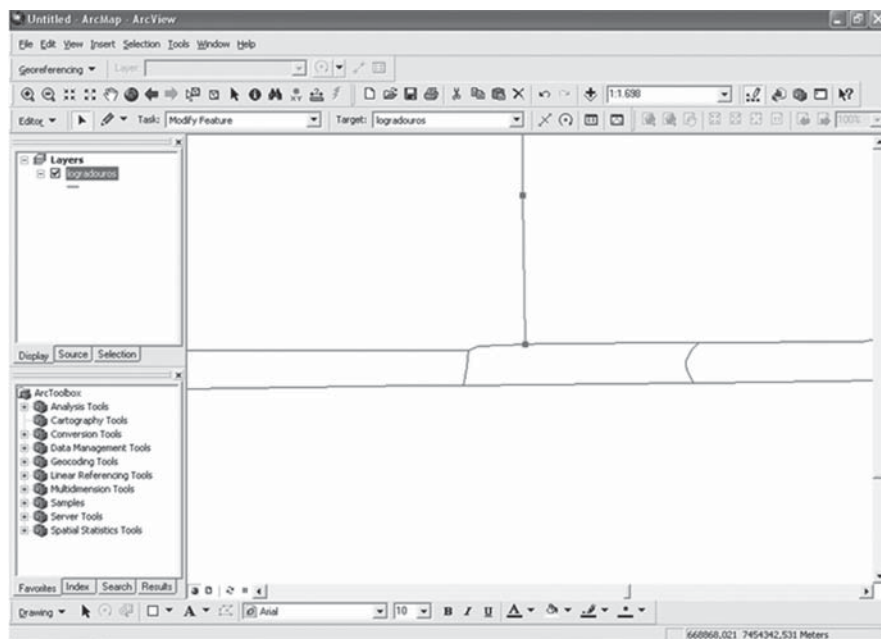


Figura 19.4: Tela do ArcGIS, contendo um exemplo de conectividade. Licença de utilização do sistema comercial NEPGEO/IGEOG/UERJ.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

- **Contiguidade:** os arcos comuns definem a adjacência entre polígonos.

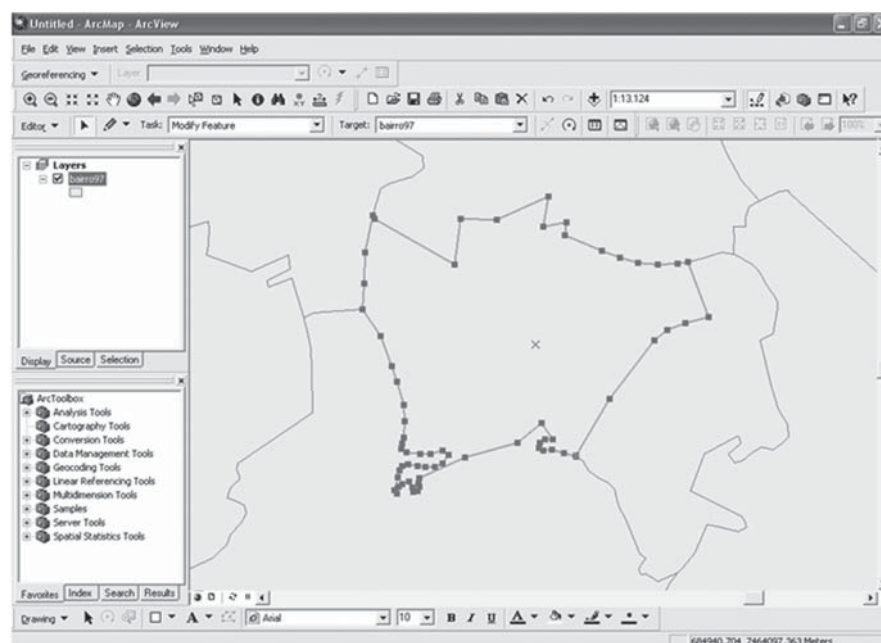


Figura 19.5: Tela do ArcGIS, contendo um exemplo de contiguidade. Licença de utilização do sistema comercial NEPGEO/IGEOG/UERJ.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Na estrutura topológica, os relacionamentos espaciais entre os elementos geográficos, representados por nós, arcos e polígonos, estão armazenados em tabelas. Através das mesmas, os relacionamentos implícitos entre as entidades gráficas no espaço aumentam o uso da informação para análise e manipulação (LA-GEOP/CEGEOP, 1999; FRANCISCO, 2010).

Modelo matricial ou *raster*

No modelo matricial, ou *raster*, os objetos são reconhecidos sob a forma de imagem digital. Neste modelo, 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 área do mesmo, 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 na coluna da matriz de células (ROCHA, 2000; DPI/INPE, 2010).

Na **Figura 19.6**, podemos visualizar uma base de dados no modelo *raster*, manipulada no SIG Vista-SAGA/UFRJ (versão 2007). Trata-se do mapeamento de uso do solo no Parque Estadual da Pedra Branca (Rio de Janeiro-RJ). No *zoom*, destacado na imagem, percebemos os *pixels* da base digital, nos quais estão associados, a cada *pixel*, o valor do atributo (neste caso, classes de uso do solo) e a coordenada correspondente. A resolução espacial do mapa é de 50 metros.

Matriz

Conjunto de números, conhecidos como índices, que podem ser referenciados de forma única por um par de coordenadas: uma horizontal e uma vertical. A coordenada horizontal é também conhecida por linha e a vertical, por coluna (MIRANDA, 2010).

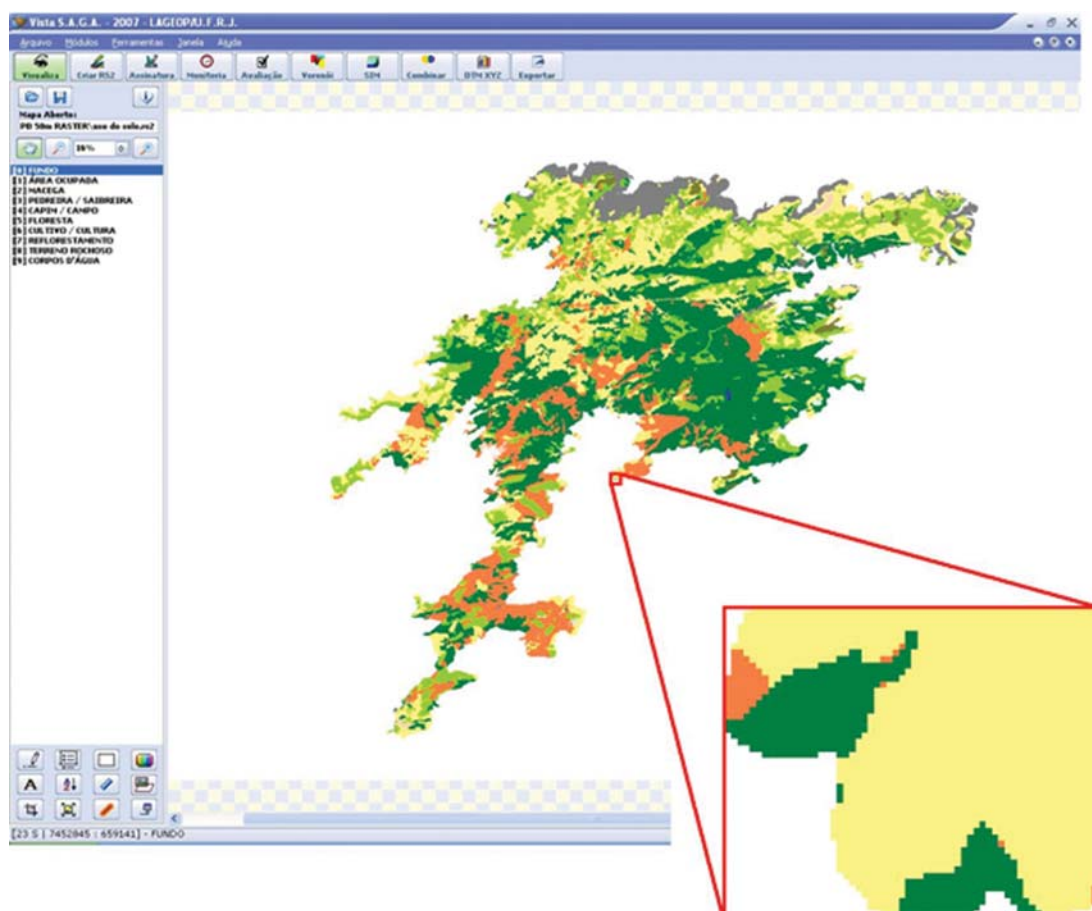


Figura 19.6: Tela do Vista-SAGA/UFRRJ, com visualização de base de dados *raster* e *zoom* máximo de visualização dos *pixels*.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Na **Figura 19.7**, podemos perceber, por meio das indicações, o valor de atributo (classe de uso do solo: floresta) e as coordenadas (em UTM) do *pixel* destacado. Se durante a geração do arquivo *raster* tivesse sido atribuída uma resolução maior que 50 metros (25, por exemplo), as células (*pixels*) estariam mais subdivididas.



A escala de um mapa irá determinar a definição da resolução espacial durante a geração de uma imagem *raster* digital, em função do nível de detalhamento exigido.

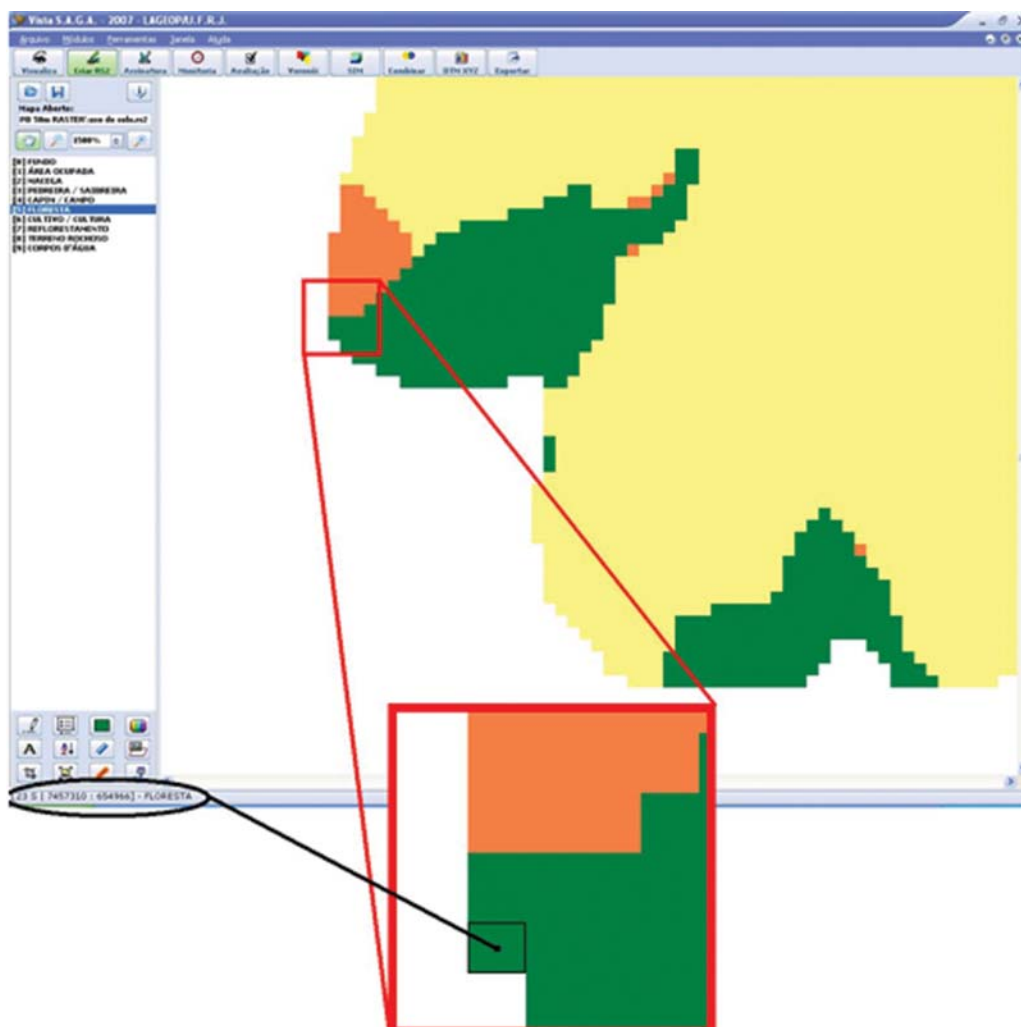


Figura 19.7: Tela do Vista-SAGA/UFRJ, com zoom de uma base de dados *raster* e visualização do valor de atributo e coordenadas de um *pixel*.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. 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. Com base no que aprendeu, associe as figuras aos modelos vetorial e *raster*, justificando sua escolha e caracterizando brevemente os modelos.

Figura 1



Fonte: Adaptado de: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster-vs-vector-bestand.PNG>

Figura 2



Fonte: Adaptado de: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster-vs-vector-bestand.PNG>

Resposta Comentada

A **Figura 1** corresponde ao modelo matricial (raster), pois como você deve ter percebido, é uma imagem. Com o zoom, podemos perceber os pixels da imagem. A **Figura 2** ilustra o modelo vetorial que pode ser identificado pelos vértices do arco, no último zoom da figura. Você pode ver que não há deformidade na 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). Neste 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, respondendo a questão: “Que tipo de dado eu preciso para realizar tal procedimento?” Na realidade, a escolha de um SIG também estará vinculada, em parte, a esta questão.

Como vimos na Aula 17, atualmente há uma grande variedade de SIGs comerciais, gratuitos e livres. Alguns destes sistemas manipulam dados vetoriais e matriciais, além de possibilitarem a conversão entre os mesmos. 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 a geração da informação geográfica são passíveis – ou melhor, 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 o 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 neste modelo.

Com relação à base alfanumérica, a associação entre o atributo e a componente espacial é mais adequada ao vetorial, já que neste modelo um elemento é identificado como único, enquanto no *raster* este é definido por um conjunto de *pixels* que possuem um atributo comum (vzualizar **Figura 19.8**). Assim, operações de consultas aos atributos são mais bem executadas no modelo vetorial.

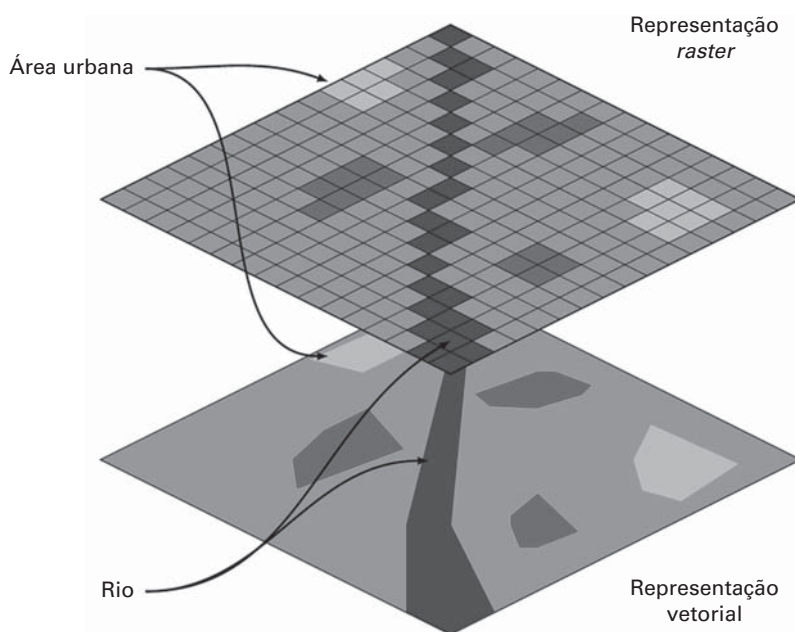


Figura 19.8: Comparação visual das representações *raster* e vetorial.

Fonte: Adaptado de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster_vector_tikz.png

No modelo vetorial, os diferentes atributos de um objeto geográfico podem ser armazenados em um único plano de informação, por meio de campos em sua componente alfanumérica. 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. No modelo vetorial, para cada alteração do fenômeno, há necessidade de criação em um novo elemento. A variação de objetos

torna dificultoso o processo de vetorização. Por isso, o modelo matricial é utilizado nas imagens de sensoriamento remoto e no monitoramento contínuo da superfície.

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, dentre outras análises, são comumente processadas a partir de dados matriciais. Em uma análise de área no modelo *raster*, a varredura é feita *pixel a pixel*.

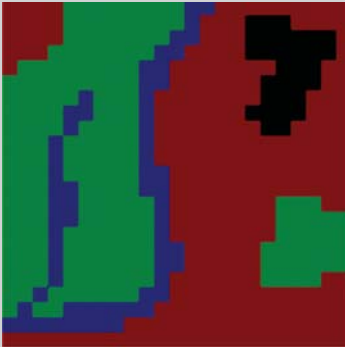
Com base no exposto, podemos então definir as vantagens e desvantagens de cada modelo, segundo suas características:

Quadro 19.1: Vantagens e desvantagens do modelo vetorial

Modelo vetorial	
 <p>Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster_vector_gis.png</p>	
Vantagens	Desvantagens
Armazenamento mais compacto	Maior complexidade na manipulação e execução de arquivos (operações de superposição são complexas, não permite diretamente o processamento digital de 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

Fontes: <http://www.sxc.hu/photo/785930>. Autor: soho13 e <http://www.sxc.hu/photo/789623>. Autor: soho13

Quadro 19.2: Vantagens e desvantagens do modelo matricial

Modelo matricial	
 <p>Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raster_vector_gis.png</p>	
Vantagens	Desvantagens
Simplicidade em termos de implementação de rotinas de manipulação (análise por superposição, as quais envolvem recuperação e cruzamento de atributos armazenados em células 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 feito em <i>raster</i>	Saída gráfica é menos estética

Fontes: <http://www.sxc.hu/photo/785930>. Autor: soho13; <http://www.sxc.hu/photo/789623>. Autor: soho13.



Pode ser vantajoso ter os dados espaciais apresentados em ambas as formas, *raster* e vetorial, particularmente quando dados lineares ou de limites necessitam ser desenhados em um estilo particular e os espaços no meio devem ser preenchidos com uma representação matricial de uma certa cor ou simbologia (SANTOS, 2008).



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. Os modelos de dados vetorial 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 isto 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, tende a ocupar mais espaço, devido ao fato de a estrutura ser baseada em uma matriz de células, as quais 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 envolvem o processamento, 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 esta 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 vetorial e imagem matricial (ou *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.

Cada um destes formatos deve ser adotado 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 aos Objetivos 1 e 2

Um SIG possui funcionalidades voltadas ao tratamento dos dados e geração da geoinformação.

Com base nesta afirmação e no conteúdo apreendido nesta aula, responda:

Como a adoção e manipulação de um modelo de dados espaciais determinam o resultado final de uma ação em SIG?

Resposta Comentada

Os modelos de dados espaciais (vetorial e matricial) possuem características de estruturação diferenciadas, cada qual com vantagens e desvantagens, e mais bem aplicados a certas operações em SIG. Como você pode ter entendido, um SIG possui funcionalidades pautadas em ações possibilitadas e executadas a partir de um modelo de dados específico ou de ambos. A correta manipulação dos dados e o domínio sobre as características e aplicações de cada modelo podem garantir o resultado final desejado.

Resumo

Os modelos vetorial e matricial (*raster*) constituem formatos de representação dos dados espaciais. O modelo vetorial é geometricamente preciso e representa os objetos do mundo real, sob a forma de pontos, linhas e polígonos constituídos de vértices. Sua estrutura usual é a topológica, na qual são armazenados os atributos, a posição e a topologia dos elementos. 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 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 é indicado majoritariamente para 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 SIG, com ênfase para aplicações em turismo. Até lá!

20

Aquisição e entrada de dados aplicados ao turismo

Rodrigo Silva da Conceição / Vivian Castilho da Costa

Meta da aula

Destacar procedimentos para aquisição e introdução de dados geográficos em banco de dados, modelado para aplicações em turismo.

Objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- 1 definir dados geográficos adequados à análise em turismo;
- 2 reconhecer fontes em potencial para a aquisição de bases de dados e informações;
- 3 identificar processos de introdução dos dados em SIG.

Pré-requisitos

Para a melhor compreensão desta aula, é recomendável o acompanhamento prévio das Aulas 17, 18 e 19, nas quais foram abordados a conceituação geral de SIG, o banco de dados geográfico e os modelos de dados espaciais, respectivamente.

Introdução

Os dados geográficos somados aos métodos, recursos humanos, equipamentos e programas constituem os elementos do geoprocessamento. Em geoprocessamento, necessitamos de dados para a geração da informação sobre o espaço geográfico, que, como vimos, atende às diversas áreas do 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.

Assim, veremos nesta aula os procedimentos padrão para a aquisição e entrada de dados geográficos em SIG, com ênfase para aplicações em turismo.

Dados geográficos, aplicados ao turismo

Quando utilizamos um SIG em determinada aplicação, para qualquer área, podemos dizer que estamos manipulando a informação geográfica. Isto porque os dados possuem expressão espacial.

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, como o turismo. Com base nisso, Moura et al. (2007, p. 59) nos lembram:

O Turismo é uma atividade que comercializa o espaço. Diante desta definição, o papel do ensino e da pesquisa sobre este tema passa, necessariamente, pela representação e análise do espaço. Nesse contexto, a Cartografia e as

Ciências da Geoinformação, de uma maneira geral, podem colaborar amplamente com o Turismo na promoção de uso de técnicas de captura de dados, montagem de bases cartográficas, elaboração de análises espaciais por Geoprocessamento e representação das informações.

O turismo, enquanto atividade socioeconômica/cultural e área de estudos científicos e ensino, necessita do conhecimento sobre o espaço. Sendo assim, podemos concluir que o geoprocessamento pode auxiliar no fornecimento do conhecimento teórico e instrumental para a aquisição, tratamento e processamento do banco de dados geográfico. Por sua vez, este pode conter dados de base (ou dados básicos) e dados diretamente aplicados ao turismo.

Como dados de base, podemos entender os dados geográficos comuns para o (re)conhecimento da superfície terrestre. Ora, não devemos esquecer que o turismo é uma atividade que se desenvolve sobre o espaço e a sua disseminação exige bases espaciais. Isto se aplica tanto ao turista, que manipula produtos cartográficos de localização e navegação; ao turismólogo e gestor do turismo, fundamentalmente pautado na expressão espacial dessa atividade para o seu efetivo planejamento e manejo; bem como ao licenciado em turismo, responsável pela disseminação da área de conhecimento, muitas vezes dependente da espacialidade para o seu entendimento.

Os dados geográficos básicos podem ser reconhecidos como topográficos (descritivos da superfície) e temáticos afins (quantitativos e qualitativos), que irão sustentar os dados diretamente aplicados ao turismo.

Contemporaneamente, o turismo tem assumido tamanha importância (em termos de projeção e organização) que podemos contar com dados próprios desta atividade/área de conhecimento. Os dados aplicados ao turismo são também temáticos, de natureza quantitativa e qualitativa.

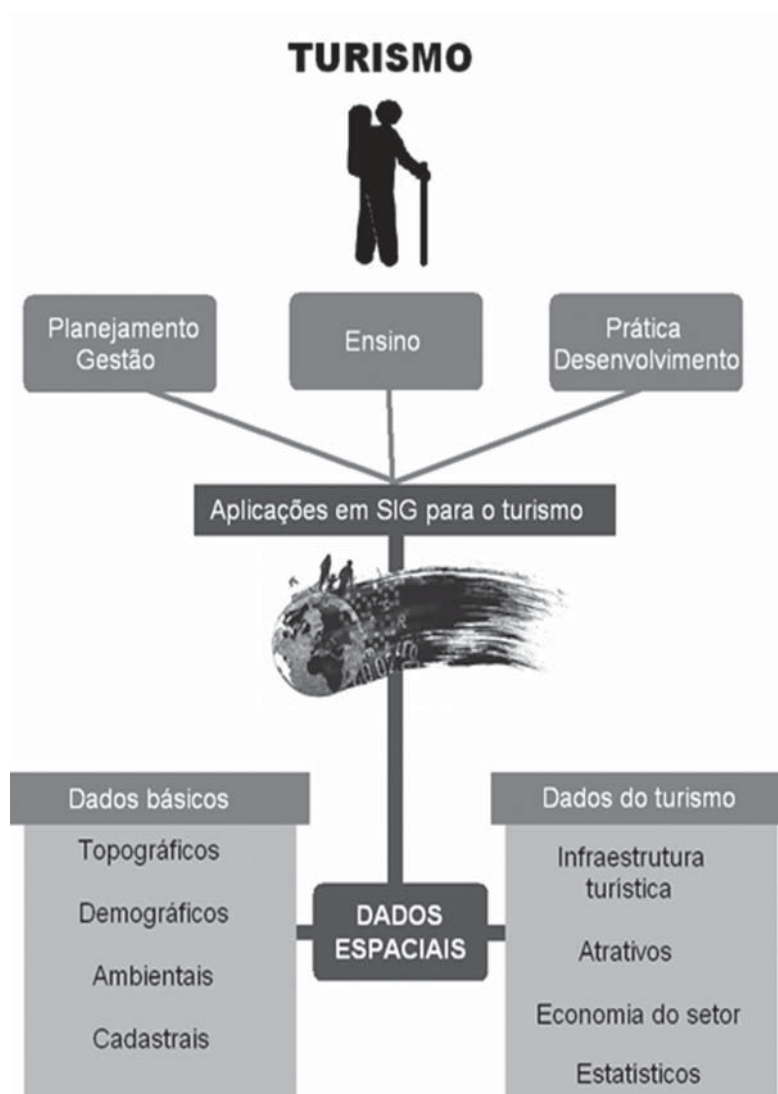


Figura 20.1: Esquema de explicitação dos dados geográficos (básicos e diretamente aplicados) para o turismo.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Os dados geográficos de explicitação do turismo podem ser representados sob a forma de áreas (zonas turísticas), pontos (a depender da escala: mirantes, hotéis, museus etc.) ou linhas (trilhas ecoturísticas, rotas turísticas etc.), nos modelos vetorial (vetores) ou *raster* (*pixels*).

O cruzamento e a análise dos dados de base e relacionados ao turismo dependerão do objetivo da aplicação. Por exemplo, para a geração de mapas turísticos especiais, os dados de base geralmente são utilizados como “pano de fundo”. Na realidade, estes mapas, em sua maioria, não são produzidos com o suporte e a utilização de SIG, pois não abarcam uma maior precisão de detalhes. Porém, para alguns tipos de atividades turísticas (de aventura, por exemplo) os mapas ou rotas de navegação gerados devem ser os mais precisos possíveis, tendo as geotecnologias como suporte.

A definição e a modelagem dos dados geográficos de base e aplicados ao turismo constituem a chave fundamental e inicial para o alcance dos resultados. Estes são fundamentais para a realização de estudos e geração de mapas com rigor cartográfico, vinculados ao planejamento, gestão e ensino do turismo.

A distribuição espacial de atividades turísticas pode agregar a caracterização social, econômica e ambiental de um local ou região. Isto também vale, por exemplo, para o planejamento, para a implantação de infraestrutura de um polo turístico e a gestão integrada das atividades. Nestas situações, a agregação de dados *versus* análises em um SIG garante a disponibilidade das informações tanto para a prática didática, quanto para a tomada de decisão.

Em estudos que exijam uma caracterização social e econômica, como apoio à compreensão do espaço humanizado onde se desenvolve o turismo, são utilizados, comumente, 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.

Com relação à caracterização física, como suporte aos estudos e desenvolvimento do turismo, 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 mun-

do real, tais como, por exemplo, os pontos registrados de ocorrência de deslizamentos em determinado período e os rios de uma bacia hidrográfica, respectivamente. Estes dados podem estar em formato vetorial ou *raster*, dependendo do tipo de operação desejada.

Os dados, diretamente relacionados ao turismo, podem estar associados ao banco de dados geográfico como atributos, ou mesmo constituírem objetos espaciais. Por exemplo, em uma base alfanumérica os dados, referentes ao número de hotéis, podem estar associados aos polígonos de uma base vetorial de bairros como um atributo. Assim sendo, poderia ser gerado um mapa quantitativo, a partir desta base de dados.

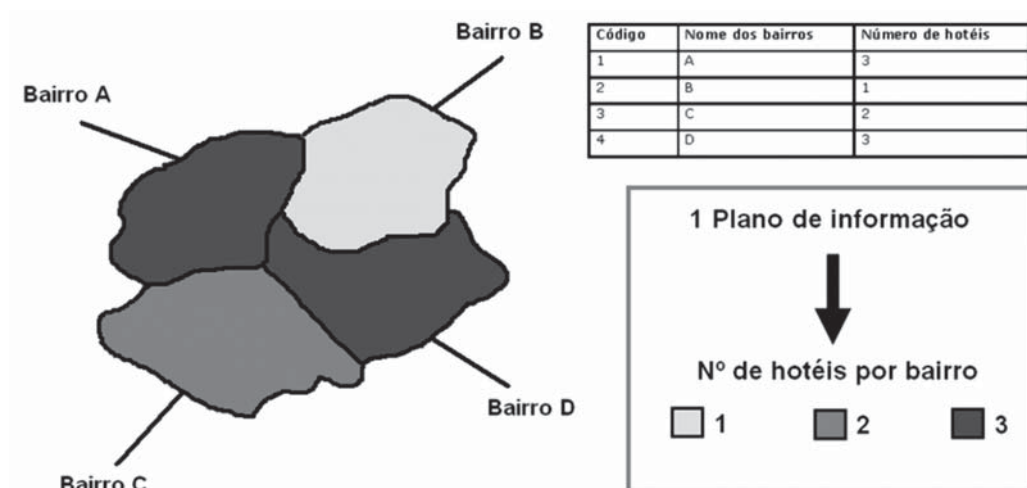


Figura 20.2: Representação (fictícia) do número de hotéis por bairros.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).

Em outro caso, a representação dos hotéis pode estar sob a forma de pontos vetoriais, localizados com 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.

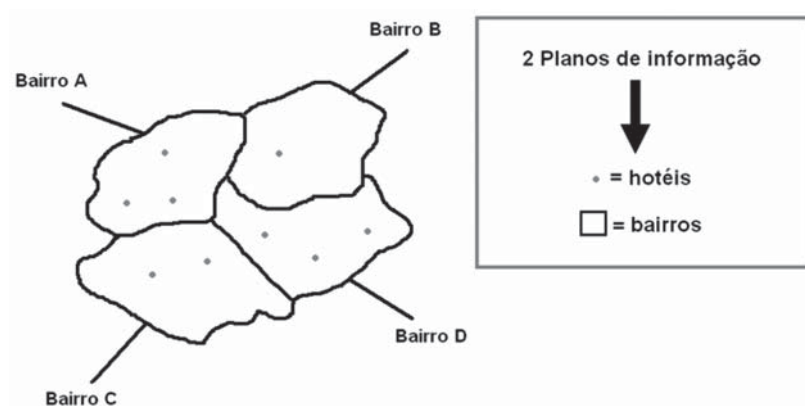


Figura 20.3: Representação (fictícia) de hotéis e bairros.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010).



Atividade

Atende ao Objetivo 1

1. Considere a seguinte situação: para compor uma aula sobre turismo, o professor necessita recorrer a materiais didáticos que apresentem a distribuição espacial de determinado fenômeno, direta ou indiretamente, ligada a atividades desenvolvidas no setor. Como seria a definição dos dados necessários e como o SIG poderia auxiliar na geração deste material?

Resposta Comentada

Neste caso, a definição dos dados estará de acordo com o objetivo já apresentado: geração de material didático, demonstrando a distribuição espacial de um fenômeno, ligado ao turismo. Assim, como você deve ter indicado, deverão ser elencados dados espaciais que explicitem tal fenômeno, sendo estes básicos ou diretamente liga-

dos ao turismo. Estes dados serão, então, manipulados em SIG, a partir da composição do banco de dados geográfico, via componentes gráfica e alfanumérica.

A partir da definição de dados, necessários a uma aplicação em SIG, frente aos objetivos, passamos a outra fase: a aquisição de dados para a entrada no sistema. Como proceder nesta etapa? Veremos a seguir.

Aquisição de dados para a introdução em SIG

Vimos que, para o atendimento de um objetivo preconcebido, devemos definir os dados necessários e pertinentes para o desenvolvimento de determinada aplicação. No turismo, podemos incorporar dados geográficos básicos e diretamente aplicados ao setor.

Os dados de fontes primárias e secundárias podem ser incorporados a um estudo, utilizando SIG. Existem atualmente muitas definições para dados primários e secundários, a depender do enfoque e tipos de pesquisa e de dados.

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 pelo levantamento e disponibilização dos mesmos. Podemos entender tais fontes como sendo, por exemplo, os 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 tal dado (ou possuem parcialmente), para que assim ocorra o levantamento próprio (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 levantamento destes dados a partir de métodos organizados e fidedignos, que garantam a confiabilidade dos mesmos.

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 envolve organização, precisão técnica e ética, sejam eles primários ou secundários.



Figura 20.4: Peneiras para a aquisição de dados geográficos.

Fonte: Rodrigo da Conceição (2010), <http://www.sxc.hu/photo/1049899>

A organização na aquisição de dados irá determinar a não redundância dos dados geográficos, antes mesmo de estes serem incorporados ao banco de dados, por exemplo.

A precisão técnica no levantamento garante a correta coleta de dados espaciais, a partir de fontes secundárias, ou seja, se dominarmos o que necessitamos com relação ao tipo de dado, estrutura, escala, projeção etc., poderemos extrair da (re)conhe-

cida 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. Neste caso, o dado será produzido (coletado) pela primeira vez e trará consigo a fidelidade em relação à realidade ou não. Logicamente, necessitamos dessa fidelidade para a análise espacial. Neste 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 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.

Metadados

Dados sobre um dado, ou seja, correspondem a conjunto resumido de informações sobre de que trata o dado (quem o levantou, para quê, em que período etc.).

Os dados secundários podem ser levantados a partir de pesquisas de gabinete. Os procedimentos metodológicos envolvem a definição das fontes e o contato formal com as mesmas. Na realidade, este contato está mais relacionado a situações em que se sabe que o dado existe, mas não necessariamente está disponível. Neste 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.

Dada a aquisição dos dados secundários, de forma gratuita ou comercial, é essencial que esteja sempre visível a citação da fonte dos mesmos.

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 (ver Aula 14), extração de planos de informação, a partir de imagens de satélite (ver sobre “interpretação de imagens” na Aula 13) etc.

As imagens de satélite podem ser adquiridas por catálogos ou por solicitações programadas, junto aos órgãos públicos, detentores da tecnologia ou 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 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, esta não é uma regra.



Durante a estruturação de um projeto em SIG, devem ser avaliados os possíveis custos para aquisição de dados. Estes custos serão definidos a partir de pesquisa prévia, relacionada à necessidade de levantamento dos dados e valor comercial dos mesmos, quando já existentes (se for o caso). Caso haja a necessidade de levantamento primário dos dados, devem ser avaliados os custos de produção: equipamentos, equipe, materiais etc.

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 (básicos e aplicados ao turismo)

Como vimos, as principais fontes de dados secundários são as instituições públicas e privadas. Os dados destas instituições podem ter sido gerados para diversos fins: científico, controle territorial, administrativo etc. Podem ainda ser provenientes de levantamentos espontâneos ou obrigatórios.

Estas características devem ser levadas em consideração ao ser definida a fonte potencial para aquisição de dados secundários. Isto pode facilitar o acesso aos mesmos.

Como principal fonte de dados geográficos básicos, podemos citar o IBGE. A Instituição disponibiliza diferentes bases de dados digitais, gratuitas e comerciais. Estas bases digitais podem ser encontradas nos formatos vetorial e matricial (gratuitamente em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/>>).



Em que extensão encontro bases vetoriais?

A maioria das instituições que manipulam e disseminam dados espaciais disponibilizam-nos 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 ArcGIS). Estes são formatos de arquivo que praticamente todos os CAD e SIG reconhecem.

Em que extensão encontro bases matriciais?

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. Tais produtos tornam-se inconvenientes, para

utilização em SIG, devido à necessidade de edição e limpeza das informações desnecessárias na imagem, além da (re)conversão da mesma para um formato georreferenciado. Encontramos ainda as imagens de satélite no formato de arquivo *TIF (sem georreferenciamento) ou *TIFF (georreferenciadas).



Figura 20.5: 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).

Setores censitários

Unidades definidas territorialmente para que sejam percorridas 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.



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, dentre outros.

Por meio da *homepage* do IBGE (<<http://www.ibge.gov.br/home/>>), podemos acessar e realizar o *download* de dados estatísticos (<http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>), além dos dados espaciais em modelo vetorial e *raster*, como já vimos. Tais dados estão disponíveis em diferentes níveis de unidades administrativas e de planejamento (federação, regiões, estados etc.). Há, inclusive, dados diretamente aplicados ao turismo em nível federal.



Figura 20.6: Página de *download* de dados estatísticos do IBGE.

Fonte: < http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>.

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, com responsabilidades diferentes, nos níveis federal, estadual e municipal que também disponibilizam esse tipo de dado. A definição de uma fonte irá depender do objetivo do trabalho e do tipo de dado que 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 (2000), no caso das prefeituras, por exemplo, a disponibilização de dados dependerá de seu nível de organização.

No portal do Ministério do Turismo (<<http://www.turismo.gov.br/turismo/home.html>>), há uma seção específica de dados disponíveis aos visitantes e usuários, denominada “dados e fatos” (<<http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/dadosefatos/home.html>>). Neste diretório, podemos encontrar diversos estudos voltados ao turismo no Brasil, nos níveis da federação, regiões e estados. Apesar de não conter bases de dados espaciais, os dados convencionais, quantitativos e qualitativos podem ser incorporados aos arquivos vetoriais, produzidos pelo IBGE, por exemplo.

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. Isto facilita a geração de dados primários, adequados ao desenvolvimento de uma aplicação, atendendo a seus objetivos específicos.

Entrada de dados em SIG

Como vimos, 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 isto, é necessário que o SIG conte com módulos ou interfaces que permitam que o usuário possa 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 (que vimos em nossa Aula 10).



Dados colhidos por sistemas de posicionamento por satélite podem ser introduzidos em um SIG por meio de programas específicos, voltados ao descarregamento dos dados e com comunicação com SIG. A introdução pode ser ainda manual, por meio da digitação no SIG das coordenadas de um ponto coletado e vetorização deste ponto no sistema. Os dados obtidos por um sistema do tipo GPS podem ser alfanuméricos ou vetoriais.

Porém não basta simplesmente inserir os dados no sistema, mas também verificá-los e corrigi-los, quando necessário. O sistema precisa ser capaz de detectar falhas e incorreções nos dados gráficos, sinalizando para o usuário. Esta 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, esta boa aparência não é suficiente para um bom controle dos dados e geração de produtos exatamente corres-

pondentes à realidade. O SIG necessita dispor de mecanismos para o gerenciamento de erros dos dados, comuns ao processo de criação dos mesmos.

Em suma, o SIG precisa ser capaz de (DAVIS; CÂMARA, 2001, p. 25):

1. Permitir a digitalização de dados gráficos em formato vetorial, provendo os meios para associação (ou digitação) das informações alfanuméricas correspondentes. Para isto, precisa permitir a utilização de quaisquer tipos de dispositivos de entrada de dados, como mesas digitalizadoras, mouse, teclado (digitação de coordenadas), etc.
2. Permitir a associação de imagens digitais ao banco de dados, através de recursos de georreferenciamento de imagens ou mesmo através da integração da imagem ao banco. Para isto, precisa ser capaz de converter ou traduzir arquivos de imagem codificados em diversos formatos distintos para o formato adotado por ele.
3. Compatibilizar dados com relação aos sistemas de projeção e de coordenadas, além das escalas.
4. Realizar análises de consistência sobre os dados vetoriais, visando detectar incorreções na topologia ou inconsistências com relação ao modelo de dados. Estas incorreções incluem: erros de fechamento topológico (elementos poligonais), superposições indesejáveis, etc.
5. Realizar procedimentos de “limpeza” ou adaptação sobre os dados adquiridos, visando prepará-los para a incorporação ao banco de dados geográfico. Estes procedimentos incluem a eliminação de vértices desnecessários, suavização de curvas, o recorte de áreas, etc.
6. 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 uma grande parte dos recursos para a implantação de um SIG. Seu custo é às vezes um impedimento para a adoção de SIG em organizações. O que distingue os vários enfoques com relação à entrada de dados é o grau de automatização alcançado.

Atualmente podemos verificar uma grande disseminação de dados digitais, inclusive os espaciais. Este fato tem favorecido a entrada de dados em SIG, pois, em muitos casos, o usuário já dispõe dos dados necessários para a realização de operações em SIG. Como vimos, muitos órgãos e instituições têm disponibilizado tais dados. Isto não quer dizer que não haja a necessidade de verificação, e até adaptação, deles.



Atividade

Atende aos Objetivos 2 e 3

2. Sobre a entrada de dados em SIG, sabemos que o sistema possui distintas capacidades relativas à absorção de diferentes dados, além da compatibilização, conversão, tratamento e adaptação dos mesmos. Com base nisto, responda como a aquisição dos dados pode influenciar no processo de introdução dos mesmos no sistema.

Resposta Comentada

Vimos que a aquisição de dados espaciais envolve a coleta de dados primários e secundários, a partir de fontes e procedimentos com confiabilidade reconhecida. Neste sentido, em sua resposta, você deve indicar a estreita relação entre a característica do dado adquirido e o procedimento adequado para sua introdução no sistema. Ou seja, os procedimentos necessários para a entrada no sistema dependerão do tipo de dado coletado (analógico ou já em formato

digital), de seu nível de organização, do seu modelo de estrutura (vetorial ou raster), de sua natureza (gráfica ou tabular) etc. E, ainda, o processo pode ou não ser facilitado com base na qualidade do dado.

Conclusão

A aquisição e a entrada de dados espaciais em SIG são etapas importantes para qualquer aplicação que envolva o conhecimento sobre atividades desenvolvidas na superfície terrestre, como, por exemplo, aquelas voltadas ao turismo.

São etapas fundamentais que irão permitir o prosseguimento das demais subsequentes, impondo, inclusive, a qualidade dos resultados. No entanto, a definição dos dados necessários frente aos objetivos antecede tais etapas.

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 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.



Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Observe o texto a seguir, extraído do trabalho de Moura et al. (2007, p. 64), que explicita a metodologia de montagem da base de dados para um projeto de mapeamento em SIG (e desenvolvimento de aplicativo para navegação virtual), vinculado ao turismo na Estrada Real (MG):

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. Em etapa final, serão incorporadas as camadas, contendo localizações de atividades de apoio ao turismo e os pontos de visitação.

Com base no texto, indique a aquisição e a utilização de dados geográficos básicos e (diretamente) aplicados ao turismo no projeto em questão, avaliando as possíveis interações entre dados primários e secundários. Em sua resposta, avalie ainda a importância das funções de entrada de dados do SIG para a atualização dos mesmos.

Resposta Comentada

Como você deve ter notado, 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) ou, possivelmente, secundárias (de órgãos responsáveis por seu levantamento). Encontra-se explicitado ainda no texto o levantamento, complementar, de dados primários, diretamente aplicados ao turismo. 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, neste 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 e atividades desenvolvidas sobre o mesmo.

Resumo

A definição de dados espaciais para aplicações em turismo, utilizando SIG, 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, diretamente aplicados ao turismo. 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 com que estejam adequados à manipulação em SIG, relaciona-se às funções de entrada de dados destes 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 e a adequação de recortes, dentre outros.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, iniciaremos nosso último módulo, com práticas em SIG. Até lá!

Cartografia e Geoprocessamento

Referências

Aula 11

ORTOFOTOS. *Esteio*: Engenharia e aerolevantamentos S.A. Disponível em: <http://www.esteio.com.br/servicos/so_ortofotos.htm>. Acesso em: 7 jan. 2011.

COBERTURA aerofotogramétrica. *Esteio*: Engenharia e aerolevantamentos S.A. Disponível em: <http://www.esteio.com.br/servicos/so_cobertura.htm>. Acesso em: 7 jan. 2011.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Os satélites e suas aplicações. *SindCT*: INPE. 2008. 48 p. (Série Especializando). Disponível em: <<http://www.sindct.org.br/index.php?q=node/1676>>. Acesso em: 7 jan. 2011.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de; PANZONI, Flávio Jorge. *Introdução ao sensoriamento remoto*. São José dos Campos: [s. n.] 2001. 68 p. Disponível em: <http://www.agro.unitau.br/sensor_remoto/apofla.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2011.

ROCHA, Carlos Henrique Oliveira da; PIORNO, José Lauro; FREIRE, Ricardo Ramos. *Uma discussão histórica sobre Fotogrametria*. Orientação: Ivan de Araujo Medina. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (2003?). Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/042-F31.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2011.

TAVARES, P. E. M.; FAGUNDES, P. M. *Fotogrametria*. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1990. 379 p.

SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION (SRTM). Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: 7 jan. 2011.

Aula 12

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. *Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation*. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 472 p.

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

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Sistemas orbitais de monitoramento e gestão territorial. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25 jul. 2010.

HERTZ. In: WIKIPEDIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hertz>>. Acesso em: 25 jul. 2010.

KRAMER, H. J. *Observation of the earth and its environment: survey of Missions and Sensors*. Third Enlarged Edition. Germany, 1996.

MENESES, P. R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: _____; NETTO, J. S. M. *Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais*. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados. 2001.

MIRANDA, E. E. de; COUTINHO, A. C. (Coord.). *Brasil visto do espaço*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 23 jul. 2010.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.

NOVO, E. M. L. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

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

SPRING. *Manuais: introdução ao sensoriamento remoto*. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html>. Acesso em: 23 jul. 2010.

TREVETT, J. W. *Imaging radar for resources surveys*. London: Chapman and Hall, 1986. 313 p.

Aula 13

ALGORITMO. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

FLORENZANO, T. G. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

IBGE. *Noções básicas de cartografia*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/representacao.html>. Acesso em: 11 mar. 2011.

MAILLARD, P. *Introdução ao processamento digital de imagens*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2001. Apostila.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 3. ed. atual. ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

SPRING na Internet. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

USO de Imagens de Satélite. <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/sr1.htm>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

Aula 14

ALMEIDA, Amanda. *Turistas recorrem ao GPS para driblar falhas da sinalização de BH*. 26 jul. 2007. <http://www.uai.com.br/htmls/app/noticia173/2010/07/26/noticia_minas,i=170648/TURISTAS+RECORREM+AO+GPS+PARA+DRIBLAR+FALHAS+DA+SINALIZACAO+DE+BH.shtml>. Acesso em: 11 mar. 2011.

DUQUE, R. C.; MENDES, C. L. *Planejamento turístico e a cartografia*. São Paulo: Alínea e Átomo, 2006. 92 p.

GPS: um guia rápido. Disponível em: http://www.carajas.com/wiki/index.php?title=GPS_-_Um_guia_r%C3%A1pido>. Acesso em: 11 mar. 2011.

GUIA turístico virtual tem GPS e máquina fotográfica: Tabi-Navi foi apresentado pela Panasonic nesta terça (7).

APARELHO serve para ajudar turistas em passeios. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/09/guia-turistico-virtual-tem-gps-e-maquina-fotografica.html>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

MUNDOGEO. Disponível em: <<http://www.mundogeo.com.br>>. Acesso em: 11 mar. 2011.

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

ROCHA, J. A. M. R. *GPS: uma abordagem prática*. Recife: Bagaço, 2003. 235 p.

SILVA, A. B. *Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Unicamp, 2005. 240 p.

Aula 15

BOLFE, E. L.; VASCO, L. S. T. *Aplicações de GPS: sistemas de posicionamento global*. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=223>>. Acesso em: dez de 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial. *GALILEO* – Galileo ositioning System. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/galileo.htm>>. Acesso em: dez. 2010.

CARTOGRAFÍA del ConoSur GeoRed v11.3 - marzo 2011. GPS.com.ar: Hogar oficial de la cartografia CONOSUR. Disponível em: <<http://www.gps.com.ar/>>. Acesso em: 04 abr. 2011.

CHINA National Space Administration. Disponível em: <<http://www.cnsa.gov.cn/n615709/cindex.html>>. Acesso em: nov. 2010.

FSA - Federal Space Agency / IAC - Information Analytical Centre. GLONASS. Disponível em: <<http://www.glonass-center.ru>>. 2006. Acesso em: nov. 2010.

GALILEO Information Centre. Disponível em: <<http://www.galileoic.org/>>. Acesso em: nov. 2010.

KUGA, H. K. *GALILEO*: definições e serviços. Disponível em: <<http://www.galileoic.org/la/files/Sinais&Servicos.pdf>>. Acesso em: dez. 2010.

MAPEAR: mapas eletrônicos argentinos. Disponível em: <<http://www.proyectomapear.com.ar/>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

MARTINS, L. *Mapas*: de onde vem e para onde vão? Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/mapas-de-onde-vem-e-para-onde-vaio/29523/>>. Acesso em: jan. 2011.

MONICO, J. F. G. *GNSS*: estado da arte. Presidente Prudente: Grupo de Estudo em Geodésia Espacial/UNESP, 2008. 83 p.

PERUT = Perú Ruteable. Disponível em: <<http://www.gps-peru.forums-free.com/>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

PRIMEIRO satélite operacional do Galileo passa por testes na Holanda. *Mundo*: geoinformação para todos. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2011/01/28/primeiro-satelite-operacional-do-galileo-passa-por-testes-na-holanda/?imprimir>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

PROJETO Tracksources: mapeando o Brasil. Disponível em: <<http://www.tracksources.org.br/>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

QUADRO Comparativo de GPS. Disponível em: <<http://www.velamar.com.br/wb/gpsquadrocomp.htm>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

TIXIK. Disponível em: <<http://pt.tixik.com/m/>>. Acesso em: 4 abr. 2011.

TRACKMAKER: rastreadores e soluções. Disponível em: <<http://www.gpstm.com>>. Acesso em: 1 abr. 2011.

VETTORAZZI, C. *GNSS*: Princípios de funcionamento, métodos e aplicações. Piracicaba: ESALQ-USP, 2009. 62 p.

Aula 16

ARAÚJO, M. A. L. *Transdisciplinaridade e educação*. Revista de Educação, Salvador, ano 8, p. 7-19, dez./fev. 2000.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001.

DRUCK, S. et al. *Análise espacial de dados geográficos*. Brasília: Embrapa, 2004.

FERREIRA, A. B. H. *Minidicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. 536 p.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FRANCISCO, C. N. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói: UFF, 2010. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>>. Acesso em jul. 2010.

IBGE. Diretoria de Geociências. Departamento de Geodésia. *Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos*. 1998.

IMAGENS de Satélite. SAT: imagens. *Geoprocessamento*. Disponível em: <<http://www.satimagens.com/geoprocessamento.htm>>. Acesso em jul. 2010.

MOURA, A. C. M. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003. 293 p.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2004. 220 p.

SILVA, A. B. *Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 240 p.

SILVA, Jorge Xavier da. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: Edição do autor, 2001.

Aula 17

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. *Conceitos básicos em ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2000. 35 p.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: _____. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FRANCISCO, C. N. *Estudo dirigido em SIG*. Niterói: UFF, 2010. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>>. Acesso em jul. 2010.

IMAGENS de Satélite. SAT imagens. *Geoprocessamento*. Disponível em: <<http://www.satimagens.com/geoprocessamento.htm>>. Acesso em jul. 2010.

MENEGUETTE, A. *Sistemas de informação geográfica como uma tecnologia integradora: contexto, conceitos e definições*. São Paulo: Unesp, 1999.

PINA, Maria de Fátima de; SANTOS, Simone M. *Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde*. Brasília: OPAS, 2000. 121 p.

PUBLICAÇÕES. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/publicacoes.php>>. Acesso em: 28 jan. 2011.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG: Ed. do autor, 2004. 220 p.

SILVA, A. B. *Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. 240 p.

XAVIER-DA-SILVA, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: Edição do autor, 2001.

Aula 18

BANCO de dados básico. Centro de Computação/Campinas. Disponível em: <<ftp://ftp.unicamp.br/pub/apoio/treinamentos/bancodados/cursodb.pdf>>. Acesso em: nov. 2010.

BARCELAR, R. R. *Banco de dados: introdução ao estudo de bancos de dados*. Disponível em: <<http://www.ricardobarcelar.com.br>>. Acesso em: out. 2010.

CÂMARA, G. et. al. *Anatomia de sistemas de informação geográfica*. Campinas: Unicamp/ Instituto de Computação, 1996. 197 p.

HEUSER, C. A. *Projeto de banco de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 2004. 206 p. (Série Livros Didáticos).

MENEGUETTE, A. *Sistemas de informação geográfica como uma tecnologia integradora: contexto, conceitos e definições*. São Paulo: Unesp, 1999.

SANTOS, A. R. *Apostila teórica de geoprocessamento*. Vitória: UFES, 2008. 55 p.

TAKAI, O. K.; ITALIANO, I. C.; FERREIRA, J. E. *Introdução a banco de dados*. São Paulo: DCC, 2005. 124 p.

Aula 19

MANIPULAÇÃO de dados vetoriais: aula 07. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula7.pdf>>. Acesso em: nov. 2010.

MIRANDA, J. I. *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG: Ed. do autor, 2004. 220 p.

SANTOS, A. R. *Apostila teórica de geoprocessamento*. Vitória: UFES, 2008. 55 p.

SISTEMAS de informação geográfica e geoprocessamento: estudo dirigido em SIG. Niterói: UFF, 2010. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/SIG.htm>>. Acesso em: jul. 2010.

Aula 20

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: _____. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home><http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 4 abr. 2011.

MIRANDA, J. I. *Fundamentos de sistemas de informações geográficas*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 425 p.

MOURA, A. C. M.; OLIVEIRA, S. P.; LEÃO, C. Cartografia e geoprocessamento, aplicados aos estudos em turismo. *Revista Geomática*, Santa Maria, RS, v. 2, n. 1, p. 58-70, 2007.

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2004. 220 p.

ISBN 978-85-7648-778-4



9 788576 487784



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

uff



UNIRIO



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



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério da
Educação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA