A satellite in space with Earth and a satellite panel visible. The satellite is positioned in the upper right, with its solar panel extending towards the center. The Earth's curvature is visible on the left, showing green landmasses and blue oceans. The background is a dark blue space filled with stars.

Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

Francisco Ferreira Martins Neto
Matheus Oliveira Alves

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Pedro Donizetti Bolanho

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Martins Neto, Francisco Ferreira

M379g Geoprocessamento e sensoriamento remoto / Francisco

Ferreira Martins Neto, Matheus Oliveira Alves. – Londrina :

Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

200 p.

ISBN 978-85-522-0678-1

1. Geoprocessamento. 2. Sensoriamento. I. Martins Neto,
Francisco Ferreira. II. Alves, Matheus Oliveira. III. Título.

CDD 660

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 – Londrina – PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Introdução ao geoprocessamento _____	7
Seção 1.1 - Geoprocessamento: conceitos e histórico _____	9
Seção 1.2 - Sistemas geodésicos e sistemas de coordenadas _____	23
Seção 1.3 - Construção de mapas temáticos, cadastrais, redes e uso de escalas _____	37
Unidade 2 Estrutura, modelagem e introdução de dados em um SIG _____	55
Seção 2.1 - Estrutura e funções de um SIG _____	57
Seção 2.2 - Base de dados georreferenciados _____	71
Seção 2.3 - Georreferenciamento e modelagem de dados espaciais _____	84
Unidade 3 Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas _____	101
Seção 3.1 - Introdução ao sensoriamento remoto _____	103
Seção 3.2 - Obtenção e resolução de imagens _____	118
Seção 3.3 - Interpretação e classificação de imagens de sensoriamento remoto _____	134
Unidade 4 Aplicações e tomada de decisão a partir do uso de SIGs _____	151
Seção 4.1 - GNSS: histórico, princípio de funcionamento, uso e aplicação _____	153
Seção 4.2 - Aquisição, instalação e principais softwares de geoprocessamento _____	168
Seção 4.3 - Tomada de decisão e geração de critérios _____	183

Palavras do autor

Olá, seja bem-vindo!

Nesse material, iremos estudar o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, disciplina extremamente importante na formação de geógrafos e engenheiros florestais, muito utilizada no mercado de trabalho em estudos ambientais como EIA/Rima, recuperação de áreas degradadas, agricultura de precisão, cadastros multifinalitários, monitoramentos em geral, entre outros.

O aumento exponencial da população mundial, aliado à Revolução Industrial, ocasionou maior demanda de recursos e aumento de áreas exploradas de diferentes maneiras, por exemplo, na expansão agrícola. E como consequência dessa exploração desenfreada, ocorre a degradação ambiental, sendo o geoprocessamento e o sensoriamento remoto ferramentas que podem nos auxiliar a estudar esse fenômeno.

Para isso, o material foi dividido em quatro unidades de ensino e cada uma subdividida em três seções. Na Unidade 1, veremos uma introdução ao geoprocessamento, por meio de um breve histórico e conceitos de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e geoprocessamento, bem como sistemas geodésicos, coordenadas e construção de mapas temáticos. Na Unidade 2, abordaremos a estrutura, modelagem e introdução de dados em um SIG; e na Unidade 3, adentraremos no sensoriamento remoto e suas características, como resolução, tipos de sensores, entre outros. Por fim, na Unidade 4, estudaremos as aplicações e tomadas de decisão por meio do uso do SIG.

Cada vez mais se busca novas tecnologias para auxiliar nas mais diversas atividades humanas. Nessa obra, vamos apresentar a você como as geotecnologias podem e têm sido utilizadas como ferramenta de trabalho por profissionais de diversas áreas, como engenheiros, geógrafos, cartógrafos, entre outros, por permitirem o monitoramento de grandes extensões de área com diferentes objetivos, aliado ao baixo custo operacional e eficiência.

Venha conosco desvendar os segredos do geoprocessamento e você verá por que cada vez mais profissionais vêm se especializando no seu uso e irá descobrir que ele pode se tornar uma excelente

ferramenta na sua vida profissional. Está preparado? Então não deixe de acompanhar as aulas e se dedicar aos estudos. Você não irá se arrepender, boa sorte e bons estudos!

Introdução ao geoprocessamento

Convite ao estudo

Prezado aluno,

Iniciaremos nossa jornada pelas geotecnologias, abordando nesta unidade uma introdução ao geoprocessamento, utilizando as seguintes seções: 1.1 Geoprocessamento: conceitos e histórico, 1.2 Sistemas geodésicos e sistemas de coordenadas e 1.3 Construção de mapas temáticos, cadastrais, redes e uso de escalas. Assim, iniciaremos com um breve histórico de como ocorreu a evolução da ciência geográfica, suas tecnologias e aplicações nos dias atuais, seguido pelos diferentes tipos de sistemas, mapas e projeções. Dessa forma, esse material nos auxiliará a conhecer os fundamentos de interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas com aplicação em estudos geográficos.

Para nos ajudar nessa caminhada, imagine a seguinte situação: você foi contratado por uma empresa de consultoria da área ambiental, especializada na elaboração de produtos cartográficos e geografia tecnológica, além de treinamentos e consultorias para órgãos e empresas públicas ou particulares. Nesse contexto, você foi designado como responsável e membro da equipe de consultores que auxiliará a prefeitura do município de Uberaba (MG) na gestão urbana e ambiental, além de elaborar produtos técnicos. Por conta da extensão da área do município, existem locais de grande importância ambiental, como corpos hídricos, áreas de preservação ambiental e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). Além disso, possui vasta área urbana, sendo uma das maiores cidades em número de habitantes do estado, e possui também diversas indústrias, ocasionando poluição antropogênica e possível degradação ambiental.

Para a realização desse trabalho, será necessário que você adquira alguns conhecimentos sobre Sistema de Informações Geográficas (SIG), geoprocessamento e sensoriamento remoto. A propósito, o que significa SIG? O que é possível realizar utilizando o geoprocessamento? Por que é errado dizer "imagens de satélite"?

É importante que você entenda esses fundamentos, para que consiga utilizar todo o potencial tecnológico das geotecnologias.

Nesta unidade, iremos ajudá-los a compreender os fundamentos do geoprocessamento, a fim de que possa utilizá-lo da melhor maneira.

Bons estudos e vamos lá!

Seção 1.1

Geoprocessamento: conceitos e histórico

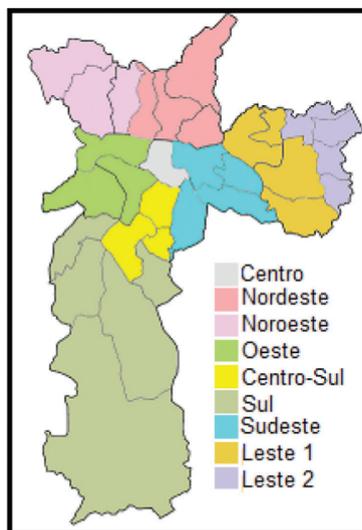
Diálogo aberto

Prezado aluno,

Nesta seção, conheceremos a evolução da ciência geográfica e como ela avançou tecnologicamente com o tempo. Também iremos nos familiarizar com os conceitos de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e geoprocessamento, além de ver aplicações nos dias atuais, mostrando a importância dessa excelente ferramenta.

Retornando ao seu trabalho, você se lembra de que foi contratado por uma empresa de consultoria da área ambiental, especializada em elaboração de produtos cartográficos e geografia tecnológica para auxiliar a prefeitura do município de Uberaba (MG) na gestão urbana e ambiental?

Figura 1.1 | Exemplo de zoneamento utilizado na gestão urbana do município de São Paulo (SP)



Fonte: Own work. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Divis%C3%A3o_territorial_e_administrativa_da_cidade_de_S%C3%A3o_Paulo>. Acesso em: 20 set. 2017.

Para iniciar essa etapa, sua equipe deverá realizar um levantamento sobre os conceitos fundamentais de geoprocessamento e geografia tecnológica, explicando a importância para o prefeito da sua utilização na gestão.

Para isso, surgem algumas questões norteadoras: como foi a evolução da ciência geográfica e qual a motivação da busca por novas tecnologias? Quais os benefícios dos avanços tecnológicos relacionados ao geoprocessamento? Eles podem ser utilizados como ferramentas na geografia? Como?

Fique tranquilo, nesta seção, abordaremos todos esses temas e o ajudaremos a entender todos os conceitos, para que possa responder a essas e outras dúvidas e questionamentos que surgirão nas aulas, preparando-o para o mercado de trabalho.

Vamos começar? Estaremos juntos nessa aprendizagem! Você se impressionará com a infinidade de aplicações e possibilidades que o geoprocessamento pode proporcionar-lhe.

Não pode faltar

Inicialmente vamos a um breve histórico da ciência geográfica.

Para conhecer o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, precisamos entender os conceitos envolvidos e o histórico da ciência geográfica. Primeiramente, o que significa ciência geográfica?

A palavra ciência tem origem do latim *scientia*, que significa conhecimento. Ela caracteriza-se pelo conhecimento empírico, adquirido por meio de estudos sistemáticos ou observações. Já a palavra geografia tem origem grega, da junção de *geo* (terra) e *grafia* (descrição), ou seja, descrição da terra. Portanto, podemos considerar a ciência geográfica como o conhecimento que descreve a terra e ainda a relação entre os fatores bióticos e abióticos presentes nela.

Considera-se que a geografia sempre esteve presente nas relações humanas, até mesmo no período em que o homem era nômade. Porém, ela surge como objeto de estudo, aproximadamente no século V a.C. e vigora até os dias atuais. No Quadro 1.1, podemos

observar uma breve síntese de personagens importantes nos estudos geográficos e sua época.

Quadro 1.1 | Breve histórico da ciência geográfica

Personagem	Época	Contribuição
Tales/Anaximandro/Heródoto	Séc. V a.C. aproximadamente	Geodésia
Hipócrates/Aristóteles	Séc. IV a.C.	Física
Dicearco/Erastóstenes	Séc. III-II a.C.	Dimensões
Estrabão/Ptolomeu	Séc. I-II	Geocentrismo
Humboldt/Ritter	Séc. XIX	Naturalismo
Ratzel	Séc. XIX	Determinismo
La Blache	Séc. XIX-XX	Possibilismo
Hartshorne	1939-1959	Regionalismo
EUA, URSS e Europa 1	Séc. XX até os dias atuais	Tecnológica
Pierres George/ Yves Lacoste/ Milton Santos	Séc. XX até os dias atuais	Ativa/Crítica

1. Apenas alguns países da Europa.

Fonte: adaptado de: Fitz (2008, p. 13-16) e Gama, Melo e Morais (2015, p. 153-162).

Tales e Anaximandro tentavam entender o formato da terra, enquanto Heródoto focava na descrição física dos locais onde passava. Aristóteles abordou diversos aspectos relacionados à geografia, como a esfericidade da terra, clima, erosão, entre outros, enquanto Dicearco e Erastóstenes foram os percussores das latitudes.

Porém, os estudos que elevaram a geografia ao patamar de ciência foram realizados por Alexandre Von Humboldt e Karl Ritter, por meio da síntese dos conhecimentos relativos à terra e à regionalização, baseada nas características individuais de cada local.



Assimile

Alexandre Von Humboldt e Karl Ritter foram percussores em sua época, sendo denominados os pais da geografia clássica (geografia moderna), uma vez que seus estudos foram a base para a geografia como ciência.

Ratzel, por sua vez, focou seus estudos na geografia humana, enquanto La Blache fazia críticas a essa linha de pensamento,

optando pelo que podemos chamar de geografia física. La Blache propôs a separação entre elementos humano-sociais e físico-naturais, permitindo a futura divisão da geografia física em subáreas específicas. Por fim, Hartshorne argumentava em seus estudos que fenômenos variavam em cada lugar, assim como as relações entre eles.



Refleta

Você já deve ter ouvido falar dos termos climatologia, geomorfologia, Biogeografia e Hidrografia, não é mesmo? Porém, o que eles têm em comum? Você sabe de onde eles surgiram? E o termo geoprocessamento? Qual a relação deles com a geografia?

Note que a geografia possui vários desdobramentos e vem evoluindo ao longo do tempo. Pierre George abordou a geografia ativa, publicando estudos sobre geografia do consumo, da população, entre outros. Já Yves Lacoste apresenta a geografia crítica, afirmando que existem dois tipos de linhas de raciocínio geográfico, e que, anterior a isso, a velha geografia sempre foi utilizada para dominação e poder das classes sociais mais altas.



Pesquise mais

Note que a ciência geográfica existe há vários séculos e veio evoluindo com influência de diversas culturas. Quer conhecer um pouco mais e com mais detalhes a evolução da ciência geográfica? Acesse o link a seguir: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/27875/17262>>.

GAMA, C. M.; MELO, J. A. B.; MORAIS, N. R. Evolução da ciência geográfica e tratamento à questão ambiental. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 152-163, ago. 2015.

Isso está diretamente relacionado às mudanças e evoluções ocorridas na geografia no século XX, que estão diretamente associadas aos avanços tecnológicos do período, baseadas nas geotecnologias.

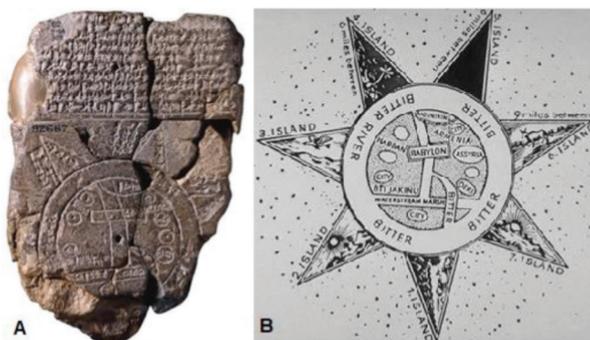
Você conhece como se apresenta a geografia na era tecnológica?

Até agora citamos ramificações e linhas de pensamento da geografia, com base na concepção de vários pensadores, certo?

Em pleno século XXI, estaríamos vivenciando o nascer de uma nova ramificação da geografia? Se você respondeu sim, está certo. Antes de adentrarmos na geografia tecnológica, também chamada de geografia ativa, explicaremos as ferramentas precursoras dessa nova ciência.

É importante ressaltar que uma ferramenta muito utilizada por geógrafos são os mapas, os quais sempre fizeram parte da humanidade, sendo que estudos indicam que, nos primórdios, o homem já ilustrava os locais por onde passava por meio de traços e riscos.

Figura 1.2 | Pedra com o entalhe do mapa da Babilônia (A) e reconstrução do mapa da Babilônia (B)



Fonte: (A) British Museum. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Babylonianmaps.JPG>>. Acesso em: 17 ago. 2017. (B) Metamorfose Digital. Disponível em: <http://www.mdig.com.br/imagens/historia/reconstrucao_mapa_babilonia.gif>. Acesso em: 17 ago. 2017.

Posteriormente, a tecnologia permitiu a elaboração de mapas detalhados, além de diversas análises, sobrepondo-se ao seu uso.

Dessa forma, a tecnologia promoveu avanços e novas possibilidades para a geografia, culminando, de acordo com diversos autores, em uma nova área, a chamada geografia tecnológica.

Essa geografia pode ser definida como a interação entre as tecnologias disponíveis, em conjunto com os conceitos da ciência geográfica, para solucionar problemas da sociedade atual, permitindo uma análise geoespacial do ambiente, ou seja, as denominadas geotecnologias.

As geotecnologias tendem a auxiliar e facilitar os trabalhos dos profissionais, caracterizando a geografia aplicada, voltada para o planejamento, monitoramento e análise territorial.

Ainda, existe uma corrente pela criação da Ciência da Informação Geográfica (CIG) vinculada ao conhecimento geográfico por meio do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).



Exemplificando

Geographic Information Science (GISc) ou Ciência da Informação Geográfica (CIG) é uma derivação da proposta do geógrafo Jerome Dobson, que integraria a tecnologia como ferramenta para os estudos geográficos, resultando em um novo campo científico. Essa tecnologia é baseada na utilização do Sistema de informações Geográficas (SIG), geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Vamos agora conhecer sobre o SIG – Sistema de Informações Geográficas – e o geoprocessamento.

É importante diferenciar os termos geoprocessamento e SIG, sendo que, segundo Rosa e Brito (1996), define-se geoprocessamento como o conjunto de técnicas ou tecnologias (geotecnologias) relacionadas à coleta e ao tratamento da informação espacial. Complementando, Silva, Lima e Dantas (2006) afirmam que as geotecnologias, além da definição anterior, processam e analisam as informações geográficas. De maneira geral, qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados é denominado geoprocessamento. Por exemplo, a sobreposição de mapas desenhados em papel vegetal ou transparências e as análises, produtos ou conclusões obtidas são um processo de geoprocessamento.

O SIG está inserido no geoprocessamento, sendo uma de suas áreas, das quais ainda podemos citar a topografia, sensoriamento remoto, cartografia, entre outros. Do inglês *Geographic Information System*, é uma ferramenta utilizada para análise de dados espaciais. Em outras palavras, é um conjunto de informações na forma de dados geográficos e alfanuméricos (atributos) estruturados em um banco de dados, que por meio de programas específicos permite produzir, armazenar, processar, analisar e representar informações sobre o espaço geográfico. Entende-se que SIG são as ferramentas computacionais para geoprocessamento que permitem integrar os dados citados anteriormente (CÂMARA, DAVIS, MONTEIRO, 2005).

Os primeiros SIGs surgiram na década de 1960 pelo governo do Canadá, a fim de criar um inventário de recursos naturais. Porém, a baixa tecnologia disponível ocasionava altos custos operacionais. Além da ausência de monitores de alta resolução e mão de obra qualificada, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas.

Na década de 1970 foram desenvolvidos sistemas comerciais, originando a expressão *Geographic Information System* e fundamentos matemáticos da geometria computacional voltados para a cartografia, porém ainda com alto custo financeiro.

Na década de 1980, os avanços na área da informática e a criação de centros de pesquisas especializados nos EUA possibilitaram o acesso a essas tecnologias, devido à diminuição dos custos de hardware e software.

Ainda na década de 1980, o Brasil começa a realizar estudos na área de geoprocessamento, com vários grupos, entre eles, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), MaxiData, Centro de pesquisa e desenvolvimento da Telebrás (CPqD/TELEBRÁS) e o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). Seus objetivos/produtos estão descritos sucintamente no Quadro 1.2.

Atualmente, existem diversas alternativas viáveis para a construção de bases de dados geográficas, com baixo custo.

Quadro 1.2 | Grupos pioneiros nos estudos na área de geoprocessamento no Brasil

Grupo	Produto/Objetivo
UFRJ	Desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geoambiental) para análises geográficas.
MaxiData	Desenvolveu o MaxiCad, utilizado principalmente para aplicações de mapeamento.
Telebrás	Desenvolveu o SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), com base no SIG VISION, para monitoramento de seu sistema telefônico.
INPE	Desenvolveu inicialmente o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas), e posteriormente o SPRING, todos voltados para levantamentos ambientais.

Fonte: elaborado pelo autor.



Exemplificando

O INPE forneceu as ferramentas para diversos estudos ambientais por meio do geoprocessamento, entre eles o levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica Brasileira, a cartografia fitoecológica de Fernando de Noronha e o mapeamento das áreas de risco para plantio em toda a região sul do Brasil, para as culturas de milho, trigo e soja. As duas últimas, realizadas pela Embrapa.

O que você sabe sobre as atualidades e aplicações de um SIG – Sistema de Informações Geográficas? Bem, vamos nos aprofundar um pouco neste assunto.

Atualmente, o SIG é utilizado de diversas maneiras, geralmente vinculado a espaços físicos, porém não se limitando a isso. É possível verificar utilizações em temas como agricultura, monitoramentos ambientais, recuperação de áreas degradadas, classificação do uso e ocupação do solo, zoneamento, cadastro urbano, redes viárias, elétricas, telefônicas, entre outros.

Dessa forma, podemos citar que existem três maneiras principais de utilizar o SIG (CÂMARA, DAVIS, MONTEIRO, 2005):

- Ferramenta para produção de mapas.
- Suporte para análise espacial.
- Banco de dados geográficos, armazenando informações espaciais.

O SIG, como ferramenta, possibilita a utilização na avaliação do uso territorial, seja no planejamento ambiental, para monitorar o desmatamento de áreas de interesse, ou no planejamento urbano de uma cidade.

Um município, por exemplo, pode beneficiar-se do geoprocessamento em ações de planejamento, gestão, monitoramento, manejo, caracterização dos espaços urbanos e rurais, já que essas ações facilitam a tomada de decisão de órgãos públicos. Nesse contexto, podemos citar as seguintes aplicações (FITZ, 2008):

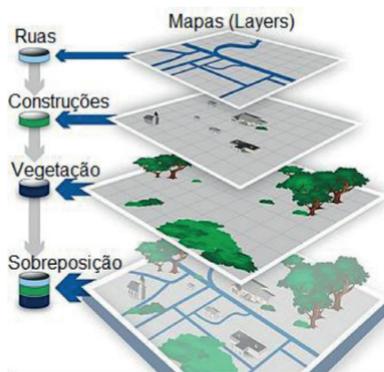
- Mapeamento municipal.

- Zoneamento.
- Monitoramento de áreas de risco ou proteção ambiental.
- Rede elétrica, sanitária e de abastecimento.
- Modelagem urbana.
- Loteamento e expansão irregular.

Entretanto, o sistema precisa de um banco de dados que forneça subsídios para essas aplicações.

Outro ponto fundamental é a sobreposição de mapas, como observado na Figura 1.3, originando mapas temáticos com diferentes informações. Isso ocorre quando se tem mapas com temas específicos, porém de mesma dimensão (mesmo local).

Figura 1.3 | Exemplo de sobreposição de mapas



Fonte: adaptada de: U.S GAO. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://goo.gl/tN85MJ>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

Podemos usar como exemplo um mapa da divisão do município em bairros e outro com dados da rede de saneamento que, uma vez sobrepostos, podem refletir os bairros que necessitam de investimentos nessa área.

Mapas temáticos elaborados a partir de diferentes tipos de dados elaborarão um produto final que permitirá a análise de diferentes vertentes do local de estudo, desde as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico até as relações entre diferentes fenômenos.



Pesquise mais

Você sabia que o geoprocessamento pode auxiliar até mesmo em questões de segurança pública? Para saber mais, acesse o link a seguir. Disponível em: <<http://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/mapa-do-crime-promotores-criam-sistema-com-perfil-de-crimes-separando-por-bairros-de-salvador/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Agora, vamos aplicar os conteúdos aprendidos nessa seção em nossa atuação profissional? Lembre-se de que você foi contratado por uma empresa de consultoria da área ambiental, para auxiliar o prefeito na gestão municipal de Uberaba (MG). Dessa forma, o prefeito verificou que outros municípios utilizam o geoprocessamento e o SIG para realizar a gestão local, porém ele desconhece essa ferramenta, qual a importância e aplicações possíveis, bem como as vantagens e desvantagens em relação a outros métodos. Agora é com você, vamos ajudá-lo?

Vimos nesta seção que os primeiros estudos relacionados à geografia remontam do século V a.C. e que ocorreram diversas evoluções nessa área com o passar dos anos, principalmente com o advento das inovações tecnológicas das últimas décadas.

Você pode realizar um levantamento bibliográfico em livros e periódicos (por exemplo, no livro *Geoprocessamento sem complicação*, de Paulo Roberto Fitz) e demonstrar para os membros dos órgãos de gestão pública como a tecnologia permitiu o aparecimento do geoprocessamento, não se esquecendo dos conceitos geográficos.

A partir disso, lembre-se de que, nessa seção, vimos aplicações atuais para do SIG. Desse modo, busque exemplos aplicados em outros locais, por consultorias ou universidades, utilizando o livro *Geoprocessamento & meio ambiente*, de Jorge Xavier da Silva e Ricardo Tavares Zaidan, e apresente-os para o prefeito, valorizando

a utilização da ferramenta. Ademais, não se esqueça de apresentar a ele que, além de dinamizar diversos processos da gestão municipal, o geoprocessamento, dependendo do tipo, acurácia e precisão do estudo, não necessita de altos investimentos, tendo um ótimo custo-benefício, e ainda é relativamente fácil manuseá-lo.

Seja criativo, traga exemplos do uso em cadastro de redes municipais, zoneamentos de áreas de interesse ambiental, zoneamento de bairros, mapa de epidemias, enfim, são milhares de opções para você valorizar a utilização do SIG. E como apresentar esses dados? É com você!

Você pode elaborar um mapa mental, utilizando as diretrizes encontradas no artigo intitulado *Mapas mentais e a construção de um ensino de geografia significativo: algumas reflexões*. Disponível em: <<http://oca.ufmt.br/index.php/georaguaiaold/article/view/45/pdf>>. Acesso em: 6 out. 2017.

Ainda, aborde uma mesa redonda, seminário, palestra ou convide empresas ou profissionais que já atuam no mercado de geoprocessamento.

Por fim, não esqueça de salientar a diferença entre geoprocessamento e SIG, pois até mesmo pessoas da área às vezes confundem os termos.

Avançando na prática

Geoprocessamento para monitoramento de acidentes com escorpiões

Descrição da situação-problema

Prezado aluno,

Agora abordaremos outro aspecto do município. Frequentemente moradores das regiões periféricas de Uberaba (MG) alertam sobre infestações de escorpiões, bem como acidentes ocasionados por eles. Em geral, escorpiões se proliferam em ambientes onde falta saneamento ou com acúmulo de entulhos. É importante lembrar que acidentes com animais peçonhentos, por vezes, demandam recursos públicos, por meio da produção e utilização do soro antiescorpiônico

e outros cuidados médicos necessários. Deslumbrado com as diversas vertentes das ferramentas de SIG, o prefeito perguntou a você se há a possibilidade de utilizá-las nessa situação. Dessa forma, como o SIG seria aplicado nesse caso? Quais dados seriam necessários? A partir desses dados, quais produtos temáticos poderiam ser elaborados?

Resolução da situação-problema

Nesse contexto, podemos utilizar o SIG de diversas formas. Você se lembra de quando falamos nesta seção em sobreposição de dados para elaboração de mapas temáticos? Para a resolução desse problema, devemos nos atentar à questão do saneamento e das condições sanitárias dos locais onde ocorrem os acidentes. Dessa forma, existem diversos produtos que podem ser elaborados de acordo com os dados coletados. A prefeitura possui dados referentes às áreas com rede de esgotos, bem como regiões com lotes vagos. Solicitando esses dados para o prefeito, juntamente com os dados dos locais dos acidentes, é possível verificar se há relação entre essas variáveis, por meio da espacialização e sobreposição dos dados de acidentes com escorpiões, saneamento e lotes vagos, e propor medidas/ações, como investimentos em saneamento e campanha de conscientização para que se evite o acúmulo de entulho em lotes vagos, a fim de reduzir o número desses acidentes. Esses fatores podem estar diretamente relacionados à proliferação e, conseqüentemente, à ocorrência de acidentes com o aracnídeo, sendo que, quando correlacionados, permitem até mesmo a criação de índices indicadores de áreas de risco.

Relate isso ao prefeito, sendo que, dessa maneira, ele poderá direcionar os investimentos nas áreas de maior risco de acidentes.

Faça valer a pena

1. Desde dos primórdios da humanidade, o homem busca conhecer as diferentes regiões da Terra. A geografia faz-se presente até mesmo quando o homem era nômade, pois existem indícios que apontam para desenhos realizados para representar os locais por onde passava. Porém, foi aproximadamente no século V a.C. que se tornou objeto de estudo.

Em relação à história da geografia, o(s) precursor(es) considerados pais da geografia clássica foram:

- a) Friedrich Ratzel.
- b) Karl Ritter.
- c) Alexandre Von Humboldt e Karl Ritter.
- d) Friedrich Ratzel e Paul Vidal de La Blache.
- e) Alexandre Von Humboldt e Richard Hartshorne.

2. Os investimentos nas áreas tecnológicas proporcionaram avanços em diversas áreas do conhecimento, seja por equipamentos com maiores recursos ou pela diminuição dos custos na sua produção. Esses avanços possibilitaram a elaboração de novas ferramentas e possibilidades para os estudos geográficos, surgindo a geografia tecnológica.

Com base no enunciado, define-se geografia tecnológica como:

- a) A utilização das geotecnologias apenas para elaboração de produtos cartográficos.
- b) A interação entre as tecnologias disponíveis com os conceitos da ciência geográfica.
- c) A análise do ambiente terrestre utilizando softwares de SIG para captar imagens remotas.
- d) Apenas as tecnologias que a geografia descobriu nas últimas décadas.
- e) Área voltada à indústria geográfica, como forma de investimento em mapas de curvas de nível.

3. Atualmente, é comum observarmos o uso dos termos SIG e geoprocessamento na geografia, visto que estão vinculados a ela, por meio dos avanços tecnológicos espaciais e das áreas da informática, sendo diversos os produtos cartográficos relacionados aos termos citados. Porém, nota-se que muitos fazem confusão em relação a esses termos ou à sua hierarquia.

Em relação aos termos anteriores, assinale a alternativa com a definição correta de SIG e geoprocessamento.

- a) SIG é o sistema de geoprocessamento de informações ambientais, já o geoprocessamento consiste em softwares de mapeamentos por sensores.
- b) O SIG é definido com o sistema de informações geológicas ambientais e geoprocessamento é apenas uma ferramenta do sistema de informações geográficas.
- c) O SIG consiste em banco de dados de vetores e o geoprocessamento é o banco de dados com informações geográficas retificadas.
- d) SIG são ferramentas computacionais para geoprocessamento que permitem integrar dados geográficos e alfanuméricos. O geoprocessamento refere-se ao processamento de dados georreferenciados, englobando o sensoriamento e o SIG.
- e) SIG são ferramentas exclusivamente utilizadas para cálculo relacionados a topografia. Já o geoprocessamento consiste unicamente na elaboração de mapas utilizando os resultados obtidos pela topografia.

Seção 1.2

Sistemas geodésicos e sistemas de coordenadas

Diálogo aberto

Prezado aluno,

Na seção anterior, vimos a evolução da ciência geográfica, por meio de linhas de pensamentos e com o advento dos avanços tecnológicos. Ainda, entendemos o conceito de geoprocessamento e SIG, bem como suas aplicações atualmente.

Quando utilizamos o geoprocessamento em estudos, a base para qualquer produto cartográfico será uma área ou áreas localizadas na crosta terrestre. A localização dessas áreas é definida por meio de coordenadas. E como são essas coordenadas? Qual sua unidade? Existem outros tipos de coordenadas? Nesta seção sanaremos todos esses questionamentos.

Você se lembra de que foi contratado por uma consultoria para auxiliar a prefeitura do município de Uberaba (MG)? Após a primeira etapa, surgiram algumas dúvidas e questionamento por parte do prefeito e membros da gestão pública. Eles observaram que em trabalhos realizados por outras empresas contratadas anteriormente foram utilizados diferentes sistemas geodésicos, como Córrego Alegre e SAD69. Dessa forma, para justificar o investimento, o prefeito pediu que seja realizado um levantamento mostrando qual sistema deverá ser utilizado no município. Depois desse questionamento, reflita com sua equipe a diferença entre os sistemas existentes que são ou já foram utilizados no Brasil e como escolher o correto.

Algumas questões recebem destaque, como: o sistema adotado é o mesmo para qualquer município brasileiro? Qual a importância da escolha do sistema de projeção? Quais as vantagens e desvantagens de cada sistema de projeção?

Para isso, elabore rascunhos exemplificando cada um dos questionamentos propostos.

Agora, vamos juntos responder a esses questionamentos? Nesta seção, abordaremos os fundamentos norteadores do

geoprocessamento e SIG, adentrando no Sistema Geodésico Brasileiro, Sistemas de Coordenadas Geográficas, Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) e coordenadas obtidas em trabalhos de campo.

Vamos começar? Bons estudos!

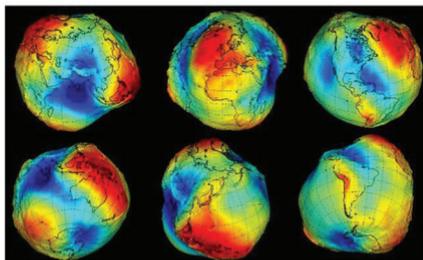
Não pode faltar

Primeiramente, você sabe o que são sistemas geodésicos? Conhece o Sistema Geodésico Brasileiro?

Antes de adentrar no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), vamos entender qual o significado do termo geodésico. Desde a Grécia antiga, estuda-se o formato da terra, acreditando-se, naquela época que sua superfície era esférica. No século XVII, Jean Richer verificou que existiam diferentes forças gravitacionais em comparação com áreas próximas e áreas distantes da linha imaginária do Equador. Para isso, ele utilizou um relógio de pêndulo, em dois locais distintos, observando que o objeto atrasava aproximadamente dois minutos e 30 segundos por dia, constatando que a distância entre a superfície e o centro da Terra na linha do Equador era maior em relação aos polos.

Assim, de acordo com esses estudos, a forma da Terra se aproximaria a um elipsoide, em razão do "achatamento dos polos". Porém, a Terra possui áreas com diversas variações de altitudes, caracterizando seu formato acidentado e irregular. Atualmente, a geodésia é a ciência que estuda as formas, dimensões e campos gravitacionais do planeta, sendo que se tem que a melhor representação do formato real da Terra aproxima-se de um geóide.

Figura 1.4 | Representação do formato real da Terra (geóide)



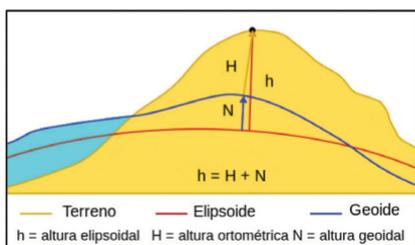
Fonte: Nismienten.com. Geóide. Licenciado por CC-BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/Geoid.jpg/640px-Geoid.jpg>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Segundo o IBGE (2017), o geóide é limitado por uma superfície em que o potencial do campo de gravidade da Terra é constante, sendo que em cada ponto o vetor gravidade será perpendicular à superfície. Dessa forma, a representação do geóide é determinada ainda pelo campo gravitacional e a superfície oceânica.

Para facilitar os estudos geodésicos, utiliza-se um elipsoide de referência (denominado elipsoide de revolução), figura matematicamente (geométrica) definida, uma vez que se aproxima da forma do geóide e permite aplicações por meio de cálculos.

Vale ressaltar que os elipsoides de revolução utilizados em cada região da Terra possuem diferenças para melhor se adequarem à superfície onde serão situados. Por exemplo, o elipsoide de referência utilizado no Canadá é diferente do utilizado no Brasil, o qual é diferente do utilizado na China.

Figura 1.5 | Convenções em relação à forma da Terra e representações de referência



Fonte: Javiesnanp. Licenciado por CC-BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Altitudes.svg>>. Acesso em: 18 ago. 2017

Um sistema geodésico, também denominado datum geodésico, é definido pela forma e tamanho do elipsoide de referência e sua posição em relação ao geóide. No Brasil, foi estabelecido pelo Decreto-lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, que fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e das outras providências, e foi o referencial utilizado na elaboração do Sistema Geodésico Brasileiro.

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por redes de altimetria, gravimetria e planimetria. A referência da rede altimétrica está vinculada ao geóide, determinando as altitudes. Já a referência da rede planimétrica, que determina a latitude e longitude, é vinculada ao sistema de referência geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Por

fim, a referência da rede gravimétrica é vinculada a diversas estações no território nacional, que fornecem dados gravitacionais.

Vale ressaltar que o Brasil já utilizou outros sistemas de referências para latitude e longitude, porém, por meio da Resolução nº 1, de 25 de fevereiro de 2005, estabelecida pelo IBGE, alterou-se a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, adotando o SIRGAS 2000. Houve o período de transição, no qual se podia utilizar ambos, mas, a partir de 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS 2000 tornou-se o único sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil.



Assimile

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), como citado anteriormente, possui sua rede planimétrica vinculada ao SIRGAS 2000. Esse sistema nada mais é que o elipsoide de revolução adotado atualmente pelo Brasil. Anteriormente, já foram adotados no Brasil o elipsoide Córrego Alegre e SAD69 (*South American Datum*). Ainda, existe o WGS-84, denominado *Datum* mundial.

A adoção do SIRGAS 2000 deve-se ao fato de que os sistemas anteriores possuíam orientação topocêntrica (ponto de origem no centro da terra), enquanto o SIRGAS utiliza orientação geocêntrica; além disso, foram aplicados sistemas globais de navegação por satélite em sua elaboração, algo inexistente anteriormente.



Exemplificando

Quando utilizamos o SAD69 (*South American Datum*) e posteriormente alteramos o referencial para SIRGAS 2000, a posição dos objetos sofre alterações médias de aproximadamente 65 metros. Porém, existem parâmetros e aplicações com a finalidade de corrigir essas alterações.

Os parâmetros são referentes à translação nos eixos cartesianos do sistema de referência de origem (X, Y e Z), sendo utilizados valores já estabelecidos por meio de equações complexas.

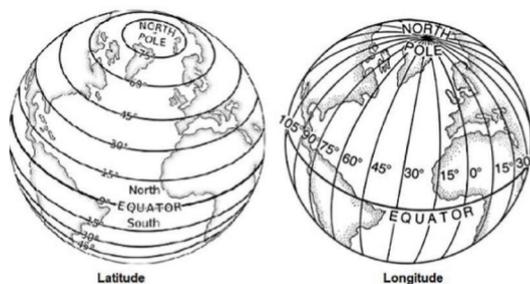
Por exemplo, ao realizar a transformação do SAD69 para o SIRGAS 2000, temos a translação dos eixos: $X = -67,348 \text{ m}$; $Y = +3,879 \text{ m}$ e $Z = -38,233 \text{ m}$.

Não se preocupe, os softwares de SIG realizam as transformações de maneira simples.

E como é dada a posição dos objetos em relação ao ponto em que se encontram na superfície terrestre? Isso pode ser realizado por meio das coordenadas geográficas. Vamos conhecê-las?

De acordo com Stern (2004), qualquer local na Terra pode ser localizado a partir de duas coordenadas, a latitude e a longitude geográfica, também denominadas geodésicas. Essas coordenadas são representadas por meio da notação de graus, segundos e minutos.

Figura 1.6 | Representação das coordenadas de latitude e longitude



Fonte: adaptada de Pearson Scott Foresman. Licenciado por Pearson Scott Foresman, via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Longitude_\(PSF\).png?uselang=pt-](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Longitude_(PSF).png?uselang=pt-)> <[https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=latitude&title=Special:Search&go=Go&searchToken=71pixjsdy0vignly9y2xpaot9#/media/File:Latitude_\(PSF\).png](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=latitude&title=Special:Search&go=Go&searchToken=71pixjsdy0vignly9y2xpaot9#/media/File:Latitude_(PSF).png)>. Acesso em: 21 ago. 2017.

A latitude é definida como a distância angular (em graus) entre qualquer ponto na superfície terrestre e o Equador, de 0° (no Equador) até 90° (nos polos), ou seja, variando de norte a sul. Já a longitude é a distância angular (em graus) entre os meridianos, sendo o de Greenwich utilizado como referência (0° de longitude), ou seja, variando nas direções leste e oeste em até 180° . É importante ressaltar que a latitude por vezes é representada pela letra grega φ (fi) e a longitude pela letra λ (lambda). Toda coordenada deve possuir uma orientação de referência, ou seja, vir acompanhada de norte (N) ou sul (S) para latitude e leste (L) ou oeste (O) para longitude.

Dessa forma, quando falamos em latitude e longitude, estamos nos referindo a um sistema de coordenadas esféricas que utiliza

valores angulares. Porém, existem outros tipos de sistemas de coordenadas, utilizando valores lineares, as chamadas coordenadas planas ou plano-retangulares.



Exemplificando

A latitude e a longitude são representadas em graus, porém podemos convertê-las em metros para saber as distâncias entre dois pontos.

O comprimento de um grau de latitude é aproximadamente 111320 metros e da longitude é de 111320 metros no Equador; 78715 metros em 45 graus e 55660 metros em 60 graus.



Pesquise mais

A latitude e a longitude auxiliam principalmente em instrumentos de navegação aplicados a meios de transporte. Por que o Equador é a referência da latitude e Greenwich, da longitude? Para saber mais, assista ao vídeo apresentado no link a seguir. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ibE2S8OkNJ8>>. Acesso em: 26 out. 2017.

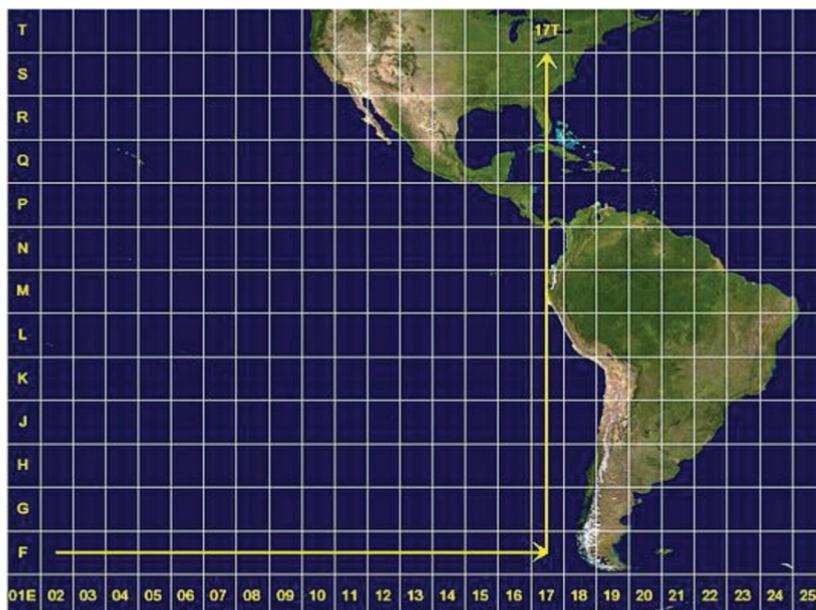
Em geoprocessamento, comumente utilizamos o Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), também conhecido como Sistema Gauss-Kruger, o qual é fundamentado em coordenadas plano-retangulares. Nesse sistema, a projeção cartográfica é plana, caracterizada por paralelos (linhas verticais) e meridianos (linhas horizontais) retos e equidistantes, sendo um sistema conforme e secante. Para isso, a superfície de projeção utilizada foi um cilindro transversal, perpendicular ao meridiano central, dividindo a terra de seis em seis graus, totalizando 60 fusos, denominados zonas. Para facilitar a utilização, as zonas foram divididas a cada oito graus, no sentido paralelo ao Equador, totalizando 20 divisões representadas pelas letras do alfabeto, com exceção das letras A, B, I, O, Y e Z. Por questão de conversão, a divisão representada pela letra X, localizada na região do polo norte, possui 12 graus.



Assimile

O termo refere-se à projeção que preserva os ângulos na superfície de referência utilizada, porém ocorrem distorções na área dos objetos representados.

Figura 1.7 | Exemplo do Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM)



Fonte: adaptada de: United States. Licenciado por CC-BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Utm-zones.jpg?uselang=pt>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

Cada zona UTM é associada a coordenadas planas, sendo estabelecido o valor de 10.000.000m para o Equador, representando a latitude, e 500.000m para cada meridiano central (em cada fuso), representando a longitude. Dessa forma, torna-se necessário sempre indicar em qual fuso estamos trabalhando, por exemplo, se estivermos na cidade de Ribeirão Preto (SP), indica-se 23S (Fuso 23 – Sul).

Um ponto importante a ser lembrado é que toda representação plana de uma superfície curva apresenta deformações. Dessa forma, qualquer mapa, em qualquer projeção, figura apenas como uma representação aproximada da superfície terrestre.

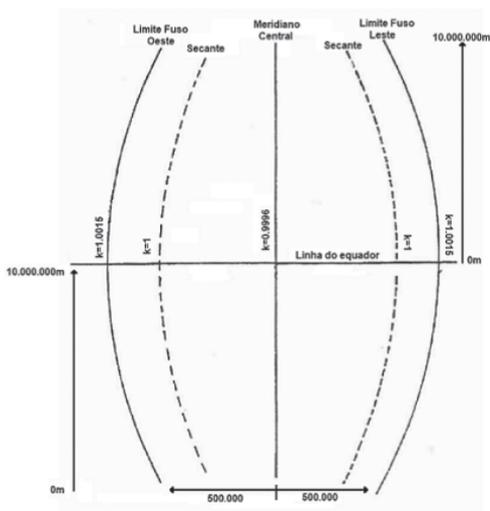


Refleta

Existem outros tipos de superfícies de projeção, como azimutais e cônicas, cada uma com suas particularidades. Porém, qual a diferença entre elas? Imagine um cone e um cilindro, e reflita: se projetarmos a Terra nessa figura, o que acontece nos extremos? E com os objetos?

Na projeção UTM, ao analisar a deformação de cada fuso, nota-se que ela inexistente no meridiano central do fuso, quando considerado o cilindro tangente, e, conforme aproxima-se dos extremos, fica próxima a 1.0030. Dessa forma, ocorrem zonas de maior e menor distorção ao longo do fuso. Com o intuito de minimizar essas deformações, aplica-se um fator de escala $k=0.9996$ ao meridiano central, transformando o cilindro tangente em secante. Na linha secante, aplica-se o $k=1$ e, dessa forma, as deformações são reduzidas e uniformizadas.

Figura 1.8 | Exemplo do Sistema Universal de Mercator



Fonte: adaptada de: IBGE (1999).

É possível calcular o coeficiente de deformação em qualquer ponto por meio da seguinte equação:

$$k = \left(\frac{1 + y^2}{2 R^2} \right)$$

Em que:

y é o afastamento do ponto em relação ao meridiano central; e

R é o raio médio terrestre no ponto medido.

E quando estamos em campo, podemos coletar coordenadas e utilizá-las posteriormente? Como são apresentadas as coordenadas obtidas em trabalhos de campo?

Há duas maneiras de se obter coordenadas em trabalhos de campo: por meio de levantamentos topográficos e de Sistemas de Posicionamento por Satélites (Global Positioning System – GPS). Não nos aprofundaremos na área do GPS, uma vez que esse assunto será tema da Unidade 4 deste material.

A topografia utiliza técnicas tridimensionais em pontos terrestres, ou seja, realiza cálculos de ângulos e distâncias do terreno por meio de geometria e trigonometria plana, considerando a Terra plana.

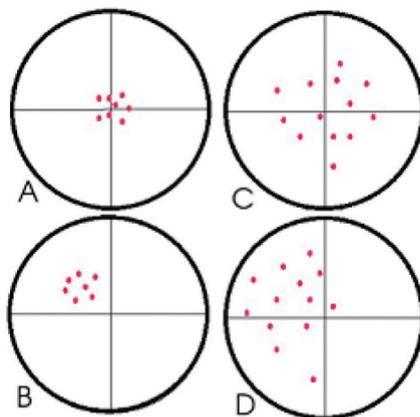
Independentemente da forma como forem obtidas as coordenadas, primeiramente se deve avaliar a precisão do trabalho, seja pela acurácia e precisão do equipamento ou pelo seu manuseio adequado.



Assimile

Os termos acurácia e precisão, apesar de muitas pessoas os associarem, possuem significados diferentes. Acurácia é quão próximo o valor medido está do valor real. Já a precisão é dada pela proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração. A acurácia pode ser aferida, já a precisão é uma característica intrínseca ao equipamento utilizado.

Figura 1.9 | Exemplos de acurácia e precisão. Alta precisão e alta acurácia (A); alta precisão e baixa acurácia (B); alta acurácia e baixa precisão (C); e baixa acurácia e baixa precisão (D)



Fonte: adaptada de: GNU Free Documentation License. Licenciado por CC-BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Accuracy_and_precision_example.jpg>. Acesso em: 22 ago. 2017.

Em levantamentos topográficos, utiliza-se equipamento de excelente precisão, geralmente com a finalidade da elaboração de cartas topográficas. Porém, vale ressaltar que, em mapeamentos grandes, quanto maior o nível de precisão, maior é o custo associado. Veiga, Zanetti e Faggion (2012) ressaltam que medições topográficas, em geral, referem-se a um plano topográfico local, resultando na representação gráfica da área levantada em um sistema de coordenadas plano local, não georreferenciado. Dessa maneira, a utilização do GPS tem ganhado espaço nesses levantamentos, seja pela evolução atual do sistema ou pelos menores custos no seu manuseio.

Por fim, é importante frisar que a precisão da ferramenta utilizada sempre estará relacionada ao objetivo do estudo, pois quanto maior a precisão e acurácia do equipamento, maior o custo no processo, seja em razão da sua compra ou da mão de obra especializada para operação.



Refleta

Vamos pensar um pouco. Usando como exemplo a malha viária urbana de um município, apenas para zoneamentos de bairros, será que é necessário utilizarmos equipamentos de alta precisão? E se fosse em um sistema de navegação de aeronaves?

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Considerando os conceitos estudados nesta seção, como podemos utilizá-los para sanar as dúvidas e os questionamentos elencados pela gestão pública?

Relembrando: você está auxiliando o município de Uberaba em sua gestão utilizando conceitos de SIG e ferramentas de geoprocessamento e o prefeito questiona por que em trabalhos anteriores foram utilizados sistemas geodésicos como Córrego Alegre e SAD69.

Como vimos nesta seção, até a data de 25 de fevereiro de 2015, o Brasil permitia o uso dos sistemas geodésicos Córrego Alegre,

SAD69 (*South American Datum*) e SIRGAS 2000, sendo que, a partir dessa data, todo produto elaborado deve utilizar o SIRGAS 2000. Isso ocorreu por meio da Resolução nº 1 de 25 de fevereiro de 2005 do IBGE, responsável pela alteração Sistema Geodésico Brasileiro.

Você pode apresentar a resolução em questão para o prefeito e explicar que a adoção do SIRGAS 2000 deve-se ao fato de que, além de possuir orientação geocêntrica, em sua elaboração foram utilizados sistemas globais de navegação por satélite, ou seja, ele permite o uso conjunto com GPS atuais. Já os sistemas Córrego Alegre e SAD69 foram elaborados nos anos de 1949 e 1969, respectivamente, e, além de utilizarem orientação topocêntrica, foram elaborados por meio de triangulação e poligonação, já que era a tecnologia disponível na época.

Ainda, para não ficarem dúvidas, saliente que, em todo território nacional, utilizaremos o SIRGAS 2000 na elaboração de mapas temáticos e produtos cartográficos, porém, ao utilizarmos as coordenadas UTM, devido às dimensões do Brasil, os municípios podem estar em fusos diferentes, mesmo que pertençam a um mesmo estado.

Mostre para a gestão pública exemplos de municípios situados em diferentes fusos. Você pode utilizar como exemplo o município de Uberaba, que está localizada no Fuso 22S, e Belo Horizonte, que está no Fuso 24S. Isso ocorre porque Minas Gerais está localizada nos fusos 22, 23, 24 e 25, mas a amplitude de fusos no Brasil é ainda maior, perfazendo do fuso 18 até o 25.

Ilustre os diferentes fusos do território nacional por meio de uma grade, como a apresentada na Figura 1.7

É importante que você esclareça, de acordo com o que foi visto nesta seção, que em cada sistema de projeção ocorreram distorções e o escolhido sempre deverá priorizar o objetivo que se busca alcançar.

Por fim, é importante que rascunhos sejam produzidos a fim de exemplificar os conceitos e responder aos questionamentos elencados nesta seção, podendo apresentar localidades e suas respectivas coordenadas, projeção, entre outros.

Programa de resgate e controle de atropelamento de fauna

Descrição da situação-problema

Agora, você foi designado para auxiliar o órgão gestor de rodovias federais no monitoramento de fauna atropelada na BR-262, no trecho entre os municípios de Anastácio e Corumbá, no Mato Grosso do Sul, nos meses de abril a setembro. Nessa região são constatados diversos atropelamentos, isso porque essa rodovia atravessa o pantanal sul-mato-grossense, rico em fauna silvestre. Em monitoramentos realizados por quatro meses, verificou-se 192 registros de atropelamento, entre eles, foram registrados atropelamentos de animais como *Myrmecophaga tridactyla* (Tamanduá-bandeira), *Leopardus pardalis* (Jaguatirica) e *Tapirus Terrestres* (Anta), espécies ameaçadas de extinção.

Muito disso se deve à diminuição do habitat natural das espécies, que buscam abrigo ou alimento em outros locais e, ao atravessar a rodovia, podem ocasionar graves acidentes.

Dessa forma, reflita como o geoprocessamento pode auxiliar nesse monitoramento. Ainda, qual a acurácia e precisão dos equipamentos a serem utilizados? Por que o levantamento deve ser realizado entre abril e setembro?

Resolução da situação-problema

Você se lembra das coordenadas obtidas em campo? Esse é o principal conceito a ser aplicado nessa situação. Podemos pontuar e espacializar, por meio de coordenadas, os locais de ocorrência dos acidentes e apresentar para o órgão responsável esses dados. Porém, é importante que você busque conhecer o raio de dispersão da espécie, a fim de aumentar a eficácia do levantamento e, dessa forma, propor medidas para minimizar os riscos.

Em relação à precisão e acurácia dos equipamentos, nesses levantamentos, geralmente não necessitamos de aparelhos com alta precisão, podendo ser utilizados GPS de campo, os quais são adequados nesse âmbito.

Por fim, por que foi escolhido o período entre abril e setembro para o monitoramento?

É simples, esse é o período seco do pantanal, o que pode ocasionar riscos de incêndio, com o ápice no mês de agosto. Para fugir de incêndios, a fauna tende a se locomover para outros locais e, por vezes, adentra a rodovia.

Faça valer a pena

1. Desde a Grécia antiga, estuda-se o formato da Terra, acreditando-se, naquela época, que sua superfície era esférica. Por meio dos estudos de Jean Richer, descobriu-se que a Terra possui irregularidades no seu formato, aproximando-se da forma geométrica de um geóide.

No que se refere à definição de um geóide, analise as seguintes opções e assinale a alternativa correta.

- a) É uma figura geométrica definida, o que possibilita a aplicação de cálculos matemáticos.
- b) É definido como um círculo de referência, no qual o vetor gravidade é nulo nos polos.
- c) É um elipsoide de revolução elaborado por meio do campo gravitacional presente na linha do Equador e nos trópicos de Câncer e Capricórnio.
- d) É uma superfície onde o potencial do campo de gravidade da Terra é constante, sendo que em cada ponto o vetor gravidade será perpendicular à superfície.
- e) É definido pela variação do potencial do campo de gravidade da Terra, adotando-se que o vetor gravidade será nivelado à superfície.

2. Existem diversos sistemas geodésicos que já foram ou são utilizados no mundo. O Datum geodésico é definido pela forma e pelo tamanho do elipsoide de referência e a posição dele em relação ao geóide. O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é constituído por redes de altimetria, gravimetria e planimetria.

No atual SGB, a rede altimétrica, gravimétrica e planimétrica está associada, respectivamente, a:

- a) Geóide, estações gravimétricas e Córrego Alegre.
- b) Geóide, estações gravimétricas e SIRGAS 2000.

- c) SIRGAS 2000, geoide e SAD69.
- d) Sad69, SIRGAS 2000 e elipsoide de revolução.
- e) Geoide, SIRGAS 2000 e elipsoide de referência.

3. Sistemas de Posicionamento Global (GPS) utilizam equipamentos com diferentes características, como precisão e acurácia. A escolha do melhor equipamento está diretamente relacionada com o objeto de estudo.

Análise as seguintes afirmações:

- I – Os termos acurácia e precisão são sinônimos e representam o quão próximo o valor medido é próximo ao valor real.
- II – Precisão é definida pela proximidade entre os valores obtidos em repetições.
- III – Acurácia é o quão próximo o valor medido está do valor real.
- IV – A precisão de qualquer equipamento pode ser aferida, já a acurácia não pode ser alterada.

De acordo com as afirmações, é correto afirmar que:

- a) Somente as afirmações I e II estão corretas.
- b) Somente as afirmações II e III estão corretas.
- c) Somente as afirmações II, III e IV estão corretas.
- d) Somente a afirmação II está correta.
- e) Somente as afirmações III e IV estão corretas.

Seção 1.3

Construção de mapas temáticos, cadastrais, redes e uso de escalas

Diálogo aberto

Prezado aluno, vamos continuar nossos estudos no âmbito do geoprocessamento? Vimos anteriormente conceitos fundamentais que possibilitaram o surgimento do SIG e a sua utilização como ferramenta em estudos geográficos. Agora, veremos alguns produtos provenientes da sua utilização, bem como aspectos de suma importância na hora da elaboração ou da leitura dos produtos cartográficos.

Retornando aos trabalhos na consultoria, você se lembra de que foi alocado para auxiliar o prefeito de Uberaba (MG) na gestão municipal utilizando os recursos do geoprocessamento?

Dessa forma, para auxiliar na gestão municipal, após entender os conceitos sobre mapas, o prefeito gostaria de obter informações sobre os possíveis mapas temáticos ou cadastrais que podem ser realizados na área urbana, como saneamento, rede elétrica, entre outros, possibilitando verificar as áreas urbanas ou serviços que necessitam de atenção dos órgãos públicos.

Embasado nesses questionamentos, podemos elencar algumas questões que você deverá responder, como: quais mapas recomendariam ao prefeito? Qual a categoria desses mapas? Eles possuem diferentes escalas entre si? Como escolher a escala correta?

Após realizar os estudos relativos a essa seção, você conseguirá obter uma visão clara sobre esses aspectos e dessa forma sanar todas as eventuais dúvidas sobre esse tema.

Para ajudá-lo, abordaremos nesta seção tipos de mapas temáticos, cadastrais e de rede; convenções cartográficas; sistemas de projeções, escalas e unidades de medidas que podem ser encontrados em produtos cartográficos.

Não deixe de acompanhar atentamente esta unidade e retirar todas as suas dúvidas com seu professor. Vamos juntos conhecer um pouco mais sobre o geoprocessamento? Bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece mapas temáticos e seus elementos constituintes? Que tal conhecermos juntos?

Segundo Fitz (2008), mapas temáticos são produtos geralmente vinculados a um tema específico que utilizam outros mapas como base para gerar um novo produto. Esse novo produto tem por finalidade apresentar uma representação espacial de dados geográficos, por meio de uma simbologia específica, sendo elencado em quatro categorias: modelo numérico de terreno, mapa temático, mapa temático cadastral e redes (CÂMARA; DAVIS e MONTEIRO, 2005).

Podemos citar, como exemplo de mapas temáticos, os mapas geomorfológicos, geológicos, geotécnicos, florestais, uso da terra, topográficos, zoneamentos, entre outros.

Como em todo mapa, existem elementos e informações que são fundamentais para sua identificação e compreensão. Os principais são:

- Título: refere-se à área e ao tipo de estudo, por exemplo: mapa geológico de Uberaba (MG).
- Convenções cartográficas: são as legendas utilizadas para identificar as diferentes linhas, pontos, figuras ou áreas (polígonos) do mapa.
- Base cartográfica: base ou banco de dados utilizado.
- Referências: identificação do autor, CREA (se houver) e quaisquer dados relevantes.
- Norte geográfico, escala e escala gráfica.
- Sistema de projeção (UTM) e sistema de coordenadas utilizados (SIRGAS 200).

Figura 1.10 | Convenções cartográficas (A); base cartográfica, sistema de projeção e escala (B) e referências (C) utilizados no mapa hipsométrico do município de Francisco Beltrão (PR)



Fonte: adaptada de: Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_fisico_beltr%C3%A3o.png>. Acesso em: 22 ago. 2017.

O conceito principal é que mapas temáticos sejam de fácil entendimento e compreensão, dessa forma, uma vez que buscam representar temas específicos, torna-se essencial que a visualização dos objetos de interesse seja clara, bem como as linhas, pontos, polígonos, cores, tonalidades, hachuras, entre outros.



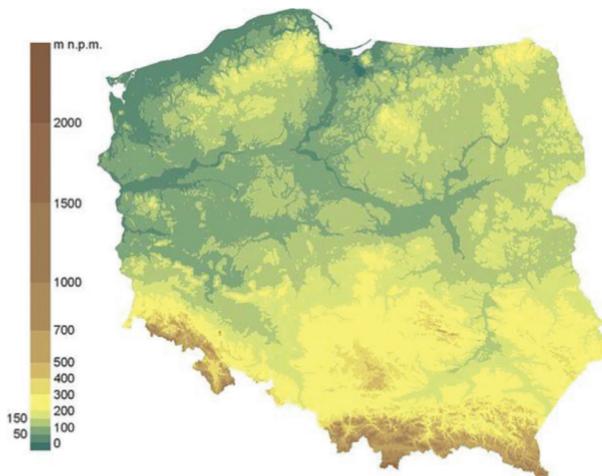
Exemplificando

Em mapas com a temática de zoneamento regional (bairros) de um município, as divisões devem apresentar cores distintas, facilitando a identificação das diferentes áreas.

Quando trabalhamos com mapas temáticos com informações quantitativas, por exemplo, mapas hipsométricos, utilizamos graduação

de cores para indicar as diferentes altitudes do relevo. Geralmente, opta-se por tons verdes nas áreas de menor altitude, tons amarelos para áreas de altitude média e tons vermelhos ou marrons em áreas de altitude elevada.

Figura 1.11 | Mapa hipsométrico da Polónia



Fonte: GNU Free Documentation License. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Poland-hipsometric_map.jpg>. Acesso em: 22 ago. 2017.

Ao utilizarmos softwares na elaboração de mapas temáticos, como Qgis, ArcGis, Idrise, Autocad, entre outros, valores alfanuméricos sempre estarão associados a um banco de dados georeferenciados, o que lhe permite, no caso da hipsometria, alterar as cores da faixa de altitude desejada, modificando todo o mapa.

Mapas temáticos podem ser construídos por meio de estruturas matriciais ou vetoriais, de acordo com o objetivo e os dados disponíveis no banco de dados.

Por fim, como observado nas convenções da Figura 1.10, existem formas e símbolos utilizados na confecção dos mapas temáticos, sendo:

- Linhas: podem ser contínuas, tracejadas, duplas, entre outras formas, sendo utilizadas para representação de estradas, drenagem (rios), ferrovias.
- Pontos: ou figuras são utilizados para indicar objetos como cidades, aeroportos, museus, entre outros.

- Polígonos: são utilizados para representação de áreas, como zoneamentos, solos, geologia, lagos, florestas, entre outros.

Além dos mapas apresentados anteriormente, existem outros tipos de mapas temáticos que recebem destaque, eles são denominados mapas cadastrais e de rede.

Mapas cadastrais diferem de mapas temáticos, uma vez que, além de utilizarem apenas dados vetoriais com topologia associada, cada um de seus elementos é definido como um objeto geográfico com valores atribuídos. Podemos citar, como exemplo, as propriedades rurais de um município, que possuem atributos de identificação, como dono, valor, arrendamento, entre outros. Dessa forma, são elaborados por meio de levantamentos cadastrais e elencados em um banco de dados alfanumérico associado a áreas geográficas. São utilizados para elaboração de censos urbanos, cadastros de pessoas físicas, bairros, municípios, entre outros.

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2005), a principal distinção entre mapas temáticos e cadastrais é a relação de precisão entre ambos; é possível citar como exemplo um mapa temático de solos, no qual os limites são aproximações, e um mapa cadastral, de divisão política, no qual temos medidas precisas e determinadas.

Quanto à rede em geoprocessamento, são mapas elaborados com dados referentes a serviços públicos de localização geográfica exata, como rede elétrica, rede de abastecimento de água, rede de saneamento, telecomunicações e malha viária. Também estão associados a bacias hidrográficas, uma vez que possuem redes de drenagem. Os dados são especializados por meio de vetores com topologia de rede, sendo que, por exemplo, em uma rede elétrica, linhas representam linha de energia e os demais componentes, como transformadores, postes e outros, são representados por figuras ou pontos.

Representação matricial e vetorial

Você lembra que no momento que falamos de mapas temáticos, inferimos que eles podem ser constituídos de dados matriciais ou vetoriais?

Como o nome sugere, uma representação matricial de dados é feita por meio de uma matriz, definida por linhas e colunas, bem como um valor atribuído a cada "quadro". Em outras palavras, a imagem resultante

dessa matriz possui um valor atribuído a cada unidade de pixel, variando seu tamanho de acordo com a resolução espacial utilizada.

Já a representação de dados vetoriais é constituída de pontos, linhas e polígonos, por meio de pares de coordenadas, que podem ou não interagir entre si, sendo utilizada para diversas atividades referentes ao SIG, como mapas cadastrais e de rede.

Não se preocupe, a representação matricial e vetorial será abordada de forma aprofundada na Unidade 2.



Assimile

Em softwares de SIG, a nomenclatura utilizada para representação de vetores é dados vetoriais ou vetorial. Já na representação matricial, utilizamos a nomenclatura Raster.

Você se recorda de que na Seção 1.2 abordamos a forma da Terra e suas representações? Você sabe qual o nome dado a essa representação? Não? Vamos conhecer um pouco sobre sistema de projeção e escolha da escala?

Na Seção 1.2, quando abordamos o Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), vimos que esse tipo de projeção é realizado com o auxílio de um cilindro transverso, certo? Porém, apenas citamos que existem outros tipos de projeção.

Vale lembrar que a forma aproximada da terra é o geoide, representado matematicamente, para fins de estudos, por um elipsoide de revolução (figura geométrica com medidas definidas).

Dessa forma, faz-se a transposição da superfície terrestre para o elipsoide e, posteriormente, projeta-se em um mapa, utilizando um sistema de projeção cartográfica sustentado por funções matemáticas.

De acordo com Fitz (2008), é estabelecido um sistema de funções contínuas relacionando coordenadas da superfície plana pelas variáveis cartesianas (x e y) com as coordenadas do elipsoide pela latitude e longitude.

Qualquer que seja a forma de projeção de uma superfície curva em um plano acarretará alterações no comprimento, forma ou área

dos objetos, variando de acordo com a projeção realizada, sendo caracterizada pelos seguintes princípios:

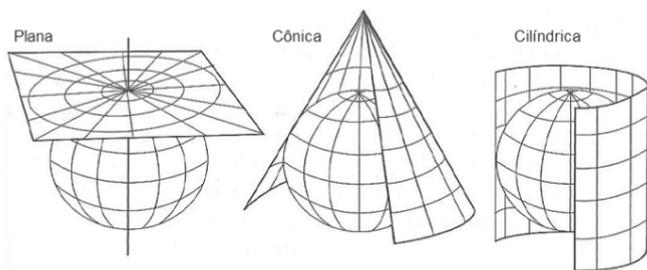
- Projeções conformes ou isogonais: não ocorre deformação nos ângulos, preservando a forma das áreas representadas. Os paralelos e meridianos se cruzam em ângulos retos e a escala é sempre a mesma em qualquer direção. É o caso do sistema UTM.
- Projeções equidistantes: não ocorrem deformações lineares, ou seja, as distâncias apresentadas são reais, porém em apenas uma direção, o que faz com que seja um tipo de projeção pouco utilizado.
- Projeções equivalentes ou isométricas: não ocorre deformações nas áreas dos objetos representados, sendo utilizada na cartografia temática, uma vez que se adequam bem quando se busca estudos em objetos isolados.
- Projeções afláticas: diferentes das projeções citadas anteriormente, ou seja, não possuem propriedades de equivalência, conformidade ou equidistância.

Em relação a esses princípios, eles mantêm apenas uma das características originais do terreno. Dessa forma, se optarmos pela projeção equidistante, ocorrerão deformações nas formas das áreas e nos ângulos do produto final.

De maneira geral, classificamos as projeções em relação à superfície para qual o elipsoide de revolução foi projetado, podendo ser:

- Planas ou azimutal: quando o elipsoide de revolução é projetado em um plano tangente ou secante à superfície terrestre.
- Cônicas: quando o elipsoide de revolução é projetado em um cone que envolve a superfície terrestre, podendo resultar em produtos tangentes ou secantes.
- Cilíndricas: quando o elipsoide de revolução é projetado em um cilindro secante ou tangente, envolvendo a superfície terrestre, sendo os meridianos e os paralelos retas perpendiculares. É o caso da projeção de Mercator.
- Poliédricas: quando o elipsoide de revolução é projetado em vários planos ao mesmo tempo.

Figura 1.12 | Representação dos tipos de projeção em relação à superfície do elipsoide



Fonte: Fitz (2008, p. 47).

No que se refere à escolha, devemos escolher a projeção priorizando as características que desejamos representar, minimizando as possíveis distorções. No Brasil, em geral, utilizamos a Projeção UTM para mapeamentos na ordem de 1:25.000 a 1:250.000.

Ainda, a projeção varia quanto à posição da superfície de projeção em relação ao elipsoide de referência, podendo ser normal, transversa ou oblíqua.

Porém, não se preocupe, as conversões entre os sistemas de projeções são relativamente simples e, na maioria dos SIGs utilizados em geoprocessamento, ocorrem automaticamente.

Tipos de escala e escolha

Imagine que precisamos representar um desenho que será utilizado como molde de um parafuso de pouco mais de um milímetro de comprimento, ou ainda, desejamos representar a área do estado do Rio Grande do Sul em um mapa. Em ambos os casos, torna-se inviável a representação em seu tamanho real, optando-se pela sua ampliação ou redução. Quando realizamos esse processo, sem alterar as proporções reais dos objetos, dizemos ele está em escala, a qual é definida pela proporção matemática das medidas da representação do objeto e seu tamanho real.

Para verificar as dimensões do objeto ou a distância entre dois pontos em mapas de escala, aplicamos uma regra de três simples:

$$C = e.c$$

Em que:

C = Comprimento real do objeto ou distância entre os pontos.

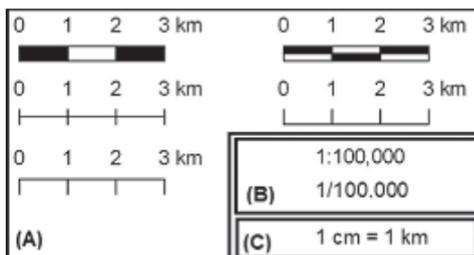
e = Valor do denominador da escala (1/e).

c = Comprimento ou distância medidos no mapa.

Os valores de uma escala podem usar diversas unidades, como milímetros, centímetros, metros e quilômetros. Podem aparecer outras unidades, como polegadas e jardas, porém abordaremos essas unidades e seus valores no fim desta seção.

Em mapas temáticos, em geral, a escala é expressa na forma gráfica, porém ela pode ser descrita na forma numérica ou nominal.

Figura 1.13 | Exemplos de escalas gráficas (A), numéricas (B) e nominal (C)



Fonte: elaborada pelo autor.

A escala gráfica é representada por uma barra simples, dupla ou régua graduada, podendo variar no formato. Em sua graduação existem subdivisões denominadas talões, que são indicados na parte superior ou inferior à relação do seu comprimento com o valor real do terreno ou objeto. Via de regra, opta-se por valores inteiros, mas existem exceções. Esse tipo de escala é amplamente utilizado em mapas digitais, uma vez que a escala acompanha as ampliações ou reduções no momento da plotagem.

A escala numérica é caracterizada por uma fração, sendo o numerador o valor medido no mapa ou objeto e o denominador o valor real. Se for uma escala de redução, teremos o valor do numerador menor que o denominador e, se for de ampliação, o numerador será maior que o denominador. Caso, por exemplo, o valor observado seja $1:100.000$, como na Figura 1.13, lê-se "um para cem mil", ou seja, a cada 1 cm medido, tem-se cem mil unidades reais, dessa forma, 1 cm será igual a 1 km.

A escala nominal é descrita por extensão, apresentando o valor em centímetros e sua correspondência à distância real ou valor do objeto.



Pesquise mais

Você sabia que existe a ocorrência de erros na escala dos mapas relacionados a possíveis deformações na impressão e que esses erros podem ser calculados? Eles estão relacionados à precisão gráfica, sendo caracterizada pela menor grandeza medida no terreno que pode ser representada em um desenho pela escala mencionada.

Para saber mais, não deixe de acessar o link disponível em: <<http://www.uff.br/cartografiabasica/cartografia%20texto%20bom.pdf>>. p. 30. Acesso em: 22 ago. 2017.

Independentemente da forma de representação da escala, sua escolha deve ser feita considerando a precisão requerida no estudo e as formas de reprodução desse mapa. Para isso, verifica-se o menor valor das feições que serão mapeadas, ou seja, em mapas de 1:10.000, serão detalhados objetos com no mínimo 10 metros.

Em softwares de SIG, a mudança de escala ocorre de maneira simples, porém o nível de detalhamento possível depende diretamente da resolução do objeto, ou seja, um objeto elaborado com resolução 1:25.000 não permitirá precisão maior.



Refleta

Os softwares de SIG permitem que sejam elaborados mapas temáticos de acordo com a área de impressão, seja A4, A3 ou até mesmo personalizada. Muitas vezes, para "encaixar" no texto, usuários alteram o tamanho e ocasionam distorções. Dessa forma, qual a importância de usar a escala correta? E a finalidade do mapa? Influencia a sua escala?

Vimos que mapas podem possuir diferentes escalas. Além disso, você sabia que ainda são utilizadas diferentes unidades? Você sabe como convertê-las? Não se preocupe, aprenderemos sobre isso agora.

No Brasil, quando elaboramos produtos cartográficos, por normatização, são utilizadas as unidades de medidas do sistema internacional (SI), sendo milímetros, centímetros, metros e quilômetros para distâncias, áreas, perímetros e escalas.

Porém, nota-se a existência de produtos elaborados em outras unidades, sendo as principais:

- Polegadas: unidade de medida inglesa de comprimento, utilizada nos Estados Unidos equivalente a 2,54 centímetros. Geralmente aparece representada como "in" e pode representar medidas de área e volume.
- Pés: unidade de medida de comprimento originária da Grécia antiga e atualmente utilizada nos Estados Unidos e Inglaterra, corresponde a 30,48 cm ou, ainda, a 12 polegadas.
- Jarda: unidade de medida de comprimento utilizada nos Estados Unidos e Inglaterra, correspondendo a 91,44 centímetros ou, ainda, 3 pés. É representada pela notação yd.
- Braça: unidade de medida de comprimento em desuso, porém corresponde a 220 centímetros.
- Milha: unidade de medida de comprimento utilizada nos Estados Unidos e Inglaterra, correspondendo a 1609,344 metros. Esse valor é referente milha terrestre, haja vista que existe a milha náutica.
- Ares: unidade de medida de área utilizada em levantamento rurais, equivalente a 100 metros quadrados.
- Hectares: unidade de medida de área, amplamente utilizada em propriedades rurais, equivalente a 10.000 metros quadrados ou 100 ares.
- Acre: unidade de medida de área pouco utilizada, equivalente a 4042 metros quadrados.
- Alqueire: unidade de medida de área, porém varia conforme o estado, não sendo usual sua utilização. Por exemplo, o alqueire mineiro equivale a 48.400 metros quadrados, enquanto o paulista a 24.200 metros quadrados e o baiano a 96.800 metros quadrados.

A conversão entre as unidades é relativamente fácil, realizada por meio de aplicação de regra de três simples. É importante o conhecimento da unidade em trabalho, uma vez que a não conversão pode ocasionar em erros nas medições realizadas.

Por fim, apesar de não ser habitual, você pode encontrar divisões métricas diferentes das comumente usadas, por exemplo, o decímetro.

Quadro 1.3 | Unidades métricas e suas divisões

Unidades	Valores de referência	Conversão dos valores						
		Km	hm	dam	m	dm	cm	mm
Quilômetro (km)	1 km	1	10	100	1.000	10.000	100.000	1.000.000
Hectômetro (hm)	1 hm	0,1	1	10	100	1.000	10.000	100.000
Decâmetro (dam)	1 dam	0,01	0,1	1	10	100	1.000	10.000
Metro (m)	1 m	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1.000
Decímetro (dm)	1 dm	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10	100
Centímetro (cm)	1 cm	0,00001	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10
Milímetro (mm)	1 mm	0,000001	0,00001	0,0001	0,001	0,01	0,1	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Sem medo de errar

Prezado aluno, agora que você aprendeu sobre tipos de mapas, elementos constituintes, projeções, escalas e os diferentes tipos de unidades, vamos encerrar essa unidade voltando ao seu trabalho de consultoria?

Você se lembra de que foi contratado para auxiliar na gestão do município de Uberaba (MG)? Dessa forma, após saber que o geoprocessamento poderia auxiliar nesse processo, por meio de produtos cartográficos, o prefeito gostaria de obter informações sobre os possíveis mapas temáticos ou cadastrais que podem ser realizados na área urbana, como saneamento, rede elétrica, entre outros, possibilitando verificar as áreas urbanas ou serviços que necessitam de atenção dos órgãos públicos.

Para auxiliar nesse processo, você deve explicar os conceitos e as aplicações de cada tipo de mapa, explicando que, para a elaboração deles, é necessário a coleta de dados para alimentação de um

banco de dados. Você pode trazer exemplos, como mapas da rede de saneamento e, por meio da sobreposição com mapas da malha urbana, verificar os locais que necessitam de investimentos. Ainda, você deve orientar o prefeito sobre as possibilidades de cadastro de imóveis, os quais podem gerar informações sobre o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e outros encargos públicos, serviços gerais ou outros custos associados aos moradores.

Além disso, você deve explicar que, para cada estudo, deve-se fazer a escolha correta da escala, de acordo com o que se deseja analisar. Por exemplo, ao recomendar estudos ambientais de uso do solo em áreas rurais, para verificar a expansão das áreas de plantio, via de regra, não é necessária escala em que o denominador seja pequeno, ou seja, com alto nível de detalhamento. Porém, ao se referir a mapas referentes à presença de saneamento nos imóveis, necessita-se de maior detalhamento.

Desse modo, é possível inferir que a escolha da escala correta faz toda a diferença na qualidade do material final, sendo de suma importância que fique claro esse aspecto para os gestores.

Refleta sobre os conceitos aprendidos nesta unidade e busque novas aplicações do geoprocessamento na gestão urbana, lembrando-se de que essa ferramenta pode ser extremamente útil se usada corretamente, como vimos nos conceitos abordados tanto nesta seção quanto nas anteriores.

Avançando na prática

Mapa hipsométrico e zoneamento de risco

Descrição da situação-problema

O município de Uberaba (MG) possui vasto histórico de alagamento nas áreas centrais, uma vez que está localizada em área de fundo de vale. Nas áreas do entorno, nota-se que a área urbana do município apresenta locais de elevada declividade, potencializando a ação do escoamento superficial quando ocorrem chuvas intensas, as quais percorrem em sentido ao centro, ocasionando transtornos. Esse problema está diretamente relacionado à impermeabilização da

bacia localizada na área urbana. De que forma o geoprocessamento pode ser aplicado como ferramenta para essa questão? Reflita sobre quais fatores ocasionam esse fenômeno e quais estudos podem ser realizados utilizando o SIG.

Resolução da situação-problema

Como citado na descrição da situação-problema, no município de Uberaba ocorrem alagamentos nas áreas centrais devido à geomorfologia local, com a área central localizada em fundo de vale, sendo o local de acúmulo das águas da chuva. Para entender melhor o fenômeno, podemos realizar um estudo das altitudes da área urbana e elaborar um mapa hipsométrico que indicará as diferentes altitudes e declividades encontradas. Uma vez que a área central possui menor altitude e declividade, por meio do mapa hipsométrico gerado a partir das curvas de nível, juntamente com dados referentes a inundações, será possível realizar o zoneamento dessas regiões, elaborando um mapa de risco para que a gestão pública possa encontrar meios de minimizar esse problema ou elaborar medidas emergenciais para diminuir o risco de acidentes.

Faça valer a pena

1. A escala é definida pela proporção matemática entre as medidas de um objeto representado e seu tamanho real. Toda escala depende diretamente das dimensões reais do produto a ser representado, o nível de detalhamento e o tamanho da representação.

Em relação às escalas, assinale a alternativa correta.

- a) Em produtos cartográficos o uso de escalas é opcional.
- b) As escalas sempre devem ser representadas nominalmente, a fim de facilitar conversões.
- c) Toda escala gráfica é isenta de precisão cartográfica, ou seja, não ocorrem erros.
- d) Todo produto cartográfico deve ter a indicação de sua escala, seja na forma gráfica, numérica ou nominal.
- e) É obrigatório que todo mapa apresente a escala na forma gráfica e numérica.

2. Com o advento da tecnologia e o surgimento e evolução dos softwares de SIG, ocorreu a expansão da tecnologia geográfica por meio da praticidade na elaboração de diferentes produtos cartográficos, permitindo grande diversidade de aplicações. Assim, analise as seguintes informações:

I – Mapas temáticos são divididos em apenas duas categorias, sendo modelo numérico do terreno e cadastral.

II – Mapas hipsométricos são mapas temáticos que representam as diferentes altitudes do relevo por meio de cores.

III – Mapas temáticos utilizam linhas, pontos e polígonos em suas representações.

IV – Mapas de rede são utilizados exclusivamente para representação de redes de drenagem.

Em relação aos tipos de produtos cartográficos, assinale a alternativa correta.

- a) Somente I está correta.
- b) Somente I e IV estão corretas.
- c) Somente II e III estão corretas.
- d) Somente II está correta.
- e) Somente II, III e IV estão corretas.

3. Na Grécia antiga, estudiosos já acreditavam que a forma da Terra era esférica. Hoje, sabemos que a forma aproximada da Terra é o geoide e, por meio de conversões matemáticas, torna-se possível sua projeção em áreas planas.

Em relação às características dos tipos de projeção, assinale a alternativa correta.

- a) Em projeções conformes, os paralelos e meridianos se cruzam em ângulos retos e a escala é constante.
- b) Projeções isométricas preservam as distâncias, ou seja, não ocorrem distorções nelas.
- c) Projeções isogonais acarretam a deformação dos ângulos representados.
- d) Independentemente do tipo de projeção utilizada, as distorções serão as mesmas.
- e) Projeções afiláticas mantêm propriedades de equivalência e conformidades, porém nelas ocorrem distorções relacionadas às distâncias.

Referências

- AGUIRRE, A. J.; MELLO FILHO, J. A. **Introdução à cartografia**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CCR/Departamento de Engenharia Rural, 2009. 80 p.
- ANDRADE, M. C. **Geografia, ciência da sociedade**: uma introdução à análise do pensamento geográfico. São Paulo: Atlas, 1987.
- ARAGÃO, J. G.; DUARTE, S. M. A. Uso das geotecnologias para a caracterização do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife (PE). **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul (RS), v. 20, n. 1, p. 26-32, 2015.
- BOVO, M. C.; PASSINI, E. Y. A. Cartografia do professor. **Boletim de Geografia**, Maringá (PR), v. 19, n. 2, p. 320-325, 2001.
- Brasil. Decreto-lei nº 243, de fevereiro de 1967. **Fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/De10243.htm>. Acesso em: 1 set. 2017.
- CARVALHO, E. A.; ARAÚJO, P. C. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I**. Natal: EDUFRN, 2008. 248 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. Curitiba: MudoGEO, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 28 ago. 2017.
- FERREIRA, G. M. L. **Geografia em mapas**: introdução à cartografia. 5 ed. Belo Horizonte: Moderna, 2014. 96 p.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- FONSECA, F. P.; OLIVA, J. **Cartografia**. São Paulo: Melhoramentos, 2013. 176 p.
- GAMA, C. M.; MELO, J. A. B.; MORAIS, N. R. Evolução da ciência geográfica e tratamento à questão ambiental. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 152-163, ago. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geodésia**: FAQ (Frequently Asked Questions - Perguntas Mais Frequentes). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtml#12>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- _____. **Geodésia**: Introdução. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- _____. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 94 p.
- _____. **Resolução do Presidente. Resolução nº 1 de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a caracterização do sistema geodésico brasileiro. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2017.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - Departamento de processamento de imagens. **Conceitos cartográficos**. 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/cursoadistancia/vegetacao/Conceitos%20Cartograficos.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2017.

LANDIM NETO, F. O.; DIAS, R. H. L. **Mapas mentais e a construção de um ensino de geografia significativo: algumas reflexões**. Disponível em: <<http://oca.ufmt.br/index.php/geoaraguaiaold/article/view/45/pdf>>. Acesso em: 6 out. 2017.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 82 p.

MISH, F. C. Science. In: MERRIAM WEBSTER. **Merriam-Webster Online Dictionary**. 2017. Disponível em: <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/science>>. Acesso em: 28 ago. 2017

MONICO, J. F. G.; et al. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 15, n. 3, p. 469-483, ago. 2009.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. 21. ed. São Paulo: Annablume, 2007. 149 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.

NEGRÓN, P.; SÉGUIN, A.; APPARICIO, P. **Manual de lectura y elaboración de mapas**. Montreal, Canadá. Grupo Interuniversitario de Montreal, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Anne_Marie_Seguini2/publication/267402217_MANUAL_DE_LLECTURA_Y_ELABORACION_DE_MAPAS/links/5502efed0cf2d60c0e64c160/MANUAL-DE-LECTURA-Y-ELABORACION-DE-MAPAS.pdf>. Acesso em: 5 set. 2017.

ROSA, R. **Cartográfica básica**. Uberlândia: UFU, 2014. 72 p.

_____; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informações geográficas**. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 328 p.

SILVA, José B.; LIMA, L. C.; DANTAS, E. W. C. **Panorama da geografia brasileira**. São Paulo: Annablume, 2006. 674 p.

STERN, D. P. **Latitude and longitude**. Web page, NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, v. 17, 2004. Disponível em: <<https://www-spf.gsf.nasa.gov/stargaze/Slatlong.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

TIMBÓ, M. A. **Elementos de cartografia**. Belo Horizonte: UFMG – Departamento de Cartografia, 2001. 59 p. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/cart01/elementoscartografia_timbo.pdf> Acesso em: 1 set. 2017.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. UFPR –, 2012 p 278.

Estrutura, modelagem e introdução de dados em um SIG

Convite ao estudo

Prezado aluno, seja bem-vindo à segunda unidade de ensino que compõe a disciplina de Geoprocessamento e sensoriamento remoto. Para continuar a conhecer o mundo das geotecnologias, nesta unidade aprenderemos os seguintes assuntos: Estrutura e funções de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), Base de dados georreferenciados e georreferenciamento e Modelagem de dados espaciais. Dessa forma, aprofundaremos os fundamentos necessários para a interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas com aplicação nos estudos geográficos.

Com o aumento populacional e o crescimento das atividades humanas criaram-se, ao longo do tempo, o desmatamento de áreas naturais, resultando não só na redução da fauna e da flora, mas também no aumento de riscos e danos ambientais de origem antrópica. Um dos componentes da paisagem, a cobertura vegetal, é um dos elementos de grande importância para o suporte do ecossistema e para a garantia de seu pleno funcionamento, mas que tem recebido impactos ambientais devido a esse crescimento das atividades humanas. Para se estudar esses impactos, é necessária a adoção de métodos capazes de identificar, diagnosticar e quantificar as mudanças ocorridas nesses locais. Nesse sentido, as geotecnologias têm sido fundamentais, pois permitem acompanhar os recursos naturais em tempo real, além de possibilitar a caracterização desses locais e suas mudanças verificadas na paisagem.

Assim, acompanharemos, ao longo desta unidade, a seguinte situação hipotética: você iniciou o seu trabalho em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental, sendo o responsável pelos licenciamentos ambientais, mapeamentos das reservas

e APPs (Áreas de Preservação Permanentes). Existe uma região agricultável da usina sofrendo anualmente com o problema de incêndios criminosos que afetam as reservas desse local, por estar localizado próximo a bairro rural, estradas, pastagens e outras culturas. O coordenador ambiental solicitou que você as quantificasse e espacializasse. Você acha que isso é possível? Como deve ser feito? Pois bem, após realizado o estudo sobre as reservas dessa região, essas informações serão arquivadas, para que, caso haja novamente algum incêndio, seja necessário somente ir até o local, avaliar o dano e propor um plano de recuperação desse local. Dessa forma, como você verificará se esses dados serão compatíveis com o SIG utilizado no estudo solicitado? Quais tipos de bancos de dados existem? Quais dados serão necessários para se realizar o que foi solicitado pelo seu coordenador? Para responder a essas e outras perguntas que possam surgir durante os estudos, aprenderemos um pouco mais sobre o mundo das geotecnologias. Vamos nessa?

Agora, para que você possa dar início ao mapeamento pedido pelo coordenador, estudaremos juntos as Estruturas e funções de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), Base de dados georreferenciados e georreferenciamento e Modelagem de dados espaciais. Mãos à obra!

Seção 2.1

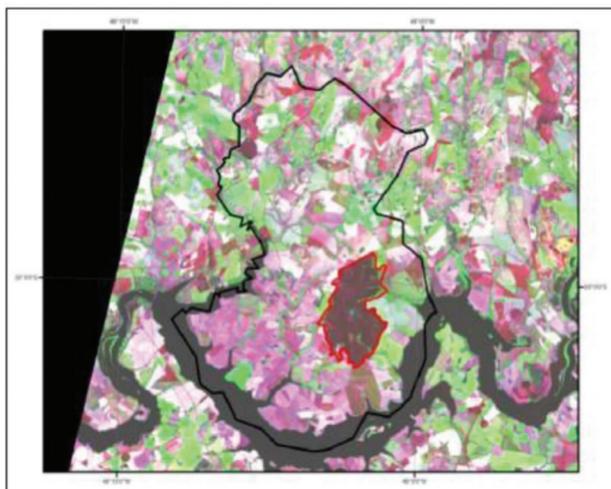
Estrutura e funções de um SIG

Diálogo aberto

Prezado aluno, a fim de continuar nosso aprendizado sobre o mundo das geotecnologias, conheceremos como é a estrutura e as funções de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), abordaremos como é a estrutura de dados espaciais e como analisar dados geográficos. Esse novo aprendizado permitirá observar como as geotecnologias têm sido fundamentais para acompanhar os recursos naturais em tempo real, além de possibilitarem a caracterização desses locais e suas mudanças verificadas na paisagem.

Para desenvolver esse conhecimento, vamos acompanhar a seguinte situação hipotética: lembra que você foi contratado para um setor ambiental de uma usina de açúcar e álcool? Para iniciar essa etapa, seu coordenador ambiental avisou-o que a equipe de topografia já fez a medição de todas as fazendas daquela região para que esses dados possam ser utilizados na colheita e no plantio da cana-de-açúcar. Com essa informação, você consultou a equipe de topografia, pedindo para que lhe enviassem esses dados com o intuito de usá-los na espacialização e quantificação das reservas. Dessa forma, como você verificará se esses dados serão compatíveis com o SIG utilizado no estudo solicitado? Qual função do SIG se adequa à solicitação proposta pelo seu coordenador?

Figura 2.1 | Exemplo de região (polígono menor em vermelho) que sofre com problemas de incêndios no município de Água Comprida (MG) (limite do município apresenta contorno em preto)



Fonte: Santos et al. (2016, p. 816). Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4335/3009>>. Acesso em: 9 out. 2017.

Fique tranquilo, nesta seção conheceremos todos esses conteúdos para que você possa realizar a atividade solicitada, ajudando-o a entender todos os conceitos para que possa responder a essas e outras dúvidas que poderão surgir durante as aulas, preparando-o, assim, para o mercado de trabalho.

Vamos começar?

Não pode faltar

Você conhece o que é estrutura de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)? Não? Vamos conhecer?

Lembra que na unidade anterior você conheceu a origem da ciência geográfica, assim como o que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG), geoprocessamento e suas aplicações na atualidade? Então, agora entenderemos como é a estrutura de um SIG. Como já pudemos ver, SIG é um banco de dados digital no qual um sistema de

coordenadas espaciais comuns é o principal meio de referência. Nele existem várias estruturas com algumas características próprias, que são necessárias para que o sistema funcione corretamente, conseguindo assim responder a perguntas complexas e realizar as análises de dados. Exibiremos no Quadro 2.1 a estrutura de um SIG e uma breve síntese de suas características.

Quadro 2.1 | Estrutura de um SIG e características

Estrutura	Características
Interface	Onde o sistema é operado e controlado.
Entrada de dados	São manipulações que proporcionam a entrada de dados: mapas, fotos aéreas, satélites, pesquisas e outras fontes no SIG.
Análise de dados	Utiliza métodos matemáticos para a transformação, análise e modelagem de dados, incluindo estatísticas espaciais.
Exibição	Apresentação de dados em formato digital ou impresso, podendo ser relatórios de dados, mapas, relatórios analíticos.
Armazenamento	Caracterizado como um banco de dados geográficos.

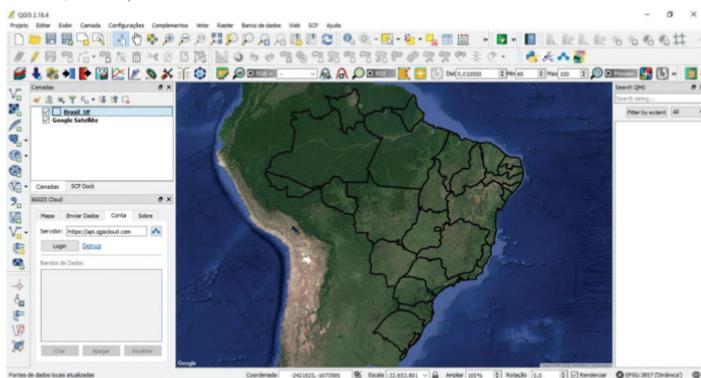
Fonte: adaptado de Câmara et al. (1996, p. 395-403).



Exemplificando

A interface de um SIG é o local onde ele é operado e controlado, além dela existem várias outras estruturas, cada uma com suas próprias características.

Figura 2.2 | Exemplo de interface de um SIG

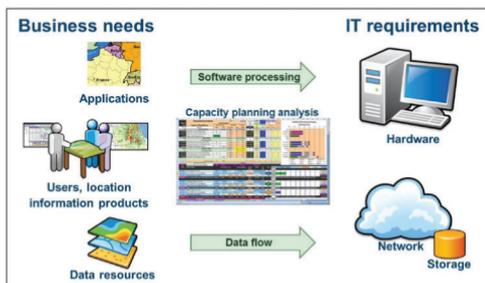


Fonte: adaptada de software SIG QGIS 2.18.4.

A estrutura mostrada anteriormente necessita de alguns componentes básicos que configuram um SIG para que ele possa funcionar de forma adequada durante o processamento dos dados. Entre esses componentes básicos, podemos citar seis: hardware, software, dados, método, pessoas e rede. Vamos conhecer?

- **Hardware (hardware):** consiste na estação de trabalho no qual o software SIG será executado. Esse computador deve ter essencialmente um processador eficiente para executar o software e memória suficiente para que possa armazenar dados.
- **Software (software):** O software SIG fornece as funções e ferramentas necessárias para armazenar, analisar e exibir informações geográficas. Todos os SIGs, por exemplo QGIS, ARCGis, ILWIS, gvSIG, SPRING, SAGA GIS, entre outros, geralmente atendem a esses requisitos, mas a aparência na tela pode ser diferente.
- **Dados (data):** Dados geográficos e dados espaciais são a estrutura principal do SIG.
- **Método (method):** Um SIG bem-sucedido funciona de acordo com um plano bem desenhado, que são os modelos e as práticas operacionais únicas para cada tarefa. Existem várias técnicas utilizadas para a criação de mapas e para qualquer projeto.
- **Pessoas (people):** Os usuários de SIGs planejam, implementam e operam a fim de tirar conclusões para a tomada de decisão.
- **Rede (network):** Hoje o SIG depende fortemente da internet, adquirindo e compartilhando grandes conjuntos de dados geográficos.

Figura 2.3 | Componentes de um SIG



Fonte: <http://wiki.gis.com/wiki/images/5/57/FallSDS12Fig1-1_SAD.jpg>. Acesso em: 9 out. 2017.



Embora seja muito fácil comprar alguns componentes básicos de um SIG (hardware e software), o sistema funciona somente quando os dados são compilados, processados e analisados, pois eles são integrados entre si.

O que são as funções de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)? Você as conhece? Vamos aprendê-las?

Comparado aos mapas, o SIG possui a vantagem do armazenamento de dados. Como resultado, os dados podem ser apresentados e visualizados de várias maneiras. Uma vez que eles são armazenados em um hardware, podemos ampliar ou reduzir um mapa, exibir áreas selecionadas, fazer cálculos da distância entre lugares, visualizar tabelas para mostrar detalhes de características de um local, sobrepor dados e outras informações, e até procurar os melhores locais para se montar uma loja, por exemplo. Por essa razão, podemos afirmar que as três principais funções de um SIG são:

- Gerar e visualizar dados espaciais e, conseqüentemente, produzir mapas e cartas topográficas.
- Realizar o cruzamento de dados de diversas fontes, dando suporte à análise espacial dos dados.
- Servir como um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial, conforme é mostrado na Figura 2.3.

O SIG inclui não apenas essas três funções principais mencionadas, mas também o hardware, software e dispositivos usados para inserir mapas e criar outros produtos. Vamos conhecê-los? Compilação, manipulação, armazenamento e atualização de dados digitais, gestão e troca de dados, aquisição, verificação, análise e apresentação de informações digitais.

Como exemplo, podemos produzir muitos produtos úteis a partir de uma única fonte de dados. Um SIG inclui não apenas o hardware e software, como já mencionado anteriormente, mas também os dispositivos usados para inserir e criar produtos de mapas, juntamente com os sistemas de comunicação necessários para vincular vários elementos. Todas essas funções são aplicações de um SIG para a

formação do seu banco de dados geográficos. E todos esses dados em um SIG são georreferenciados, ou seja, vinculados a um local específico em uma superfície na Terra por meio de um sistema de coordenadas. É importante ressaltar que, por vezes, softwares de *Computer Aided Design* (CAD) (em português, Desenho Assistido por Computador) são confundidos com SIG. Mas existe uma diferença entre eles: o CAD é um programa gráfico no qual a simbologia é a informação e no SIG a simbologia é só uma representação da informação. Atualmente, essa diferença está se tornando cada vez mais tênue, permitindo assim que o CAD e o SIG sejam tecnologias complementares, podendo até serem utilizados em conjunto. Porém, vale ressaltar que nos últimos eles evoluíram de forma independente.



Pesquise mais

Você conhece as características de um CAD? E de um SIG? Vamos conhecer um pouco mais sobre as características e diferenças entre eles? Acesse os links e descubra: SIG disponível em: <http://www.qgis.org/pt_BR/site/> e CAD disponível em: <<https://www.qcad.org/rsforum/>>. Acessos em: 21 nov. 2017.

Como é a estrutura de dados espaciais? Você conhece-a?

Sabia que os dados espaciais e dados geográficos possuem definições diferentes? Fique atento, pois dados espaciais são definidos como qualquer tipo de dado que representa fenômenos relacionados a uma localização espacial qualquer. Já dados geográficos são definidos como qualquer dado espacial que está associado a uma posição na superfície da Terra em algum momento ou período. Portanto, quando um elemento que possui uma coordenada local (não ligada diretamente com coordenadas geográficas), ao serem mapeadas sobre uma nova coordenada local, apresentam todas as suas informações como dados espaciais, pois ele estará relacionando uma localização qualquer do espaço. Mas, devemos ficar atentos, porque, se esses dados locais forem alterados em coordenadas geográficas ou qualquer outro sistema de projeção cartográfico, serão considerados dados geográficos. Um SIG engloba dados espaciais e de outros modelos em um único sistema, mas devemos ressaltar que outros tipos de sistemas, o CAD por exemplo, também conseguem manipular esses dados espaciais. Com

isso, o mundo real pode ser representado basicamente em dois tipos: raster (matricial) e vetorial. Fique atento, pois esses nomes aparecerão com frequência a partir de agora.

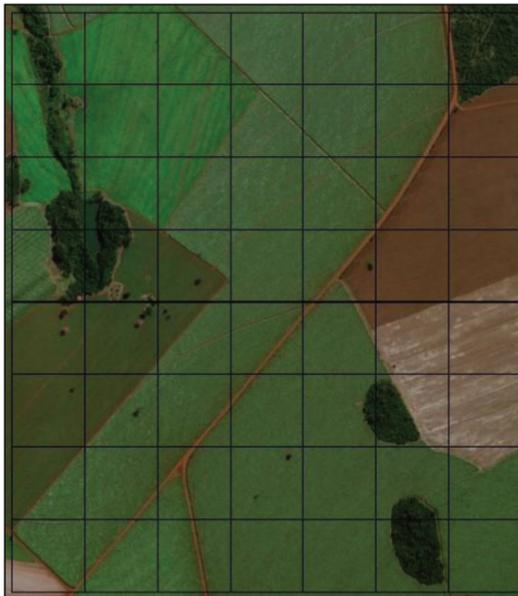


Refleta

Você viu que o SIG e o CAD conseguem manipular dados espaciais, mas será que os produtos gerados por ambos serão parecidos? A entrada de dados espaciais em cada deles será do mesmo jeito? As funcionalidades para a manipulação de dados matriciais e vetoriais serão as mesmas?

O que seria uma representação em raster (ou matricial)? Trata-se de uma matriz que pode ser definida como sendo uma função (X, Y) e representada por uma malha quadriculada regular, que é composta por linhas e colunas onde cada elemento dessa estrutura recebe o nome de coluna ou pixel. A estrutura de um raster pode ser tratada como uma superfície cartesiana plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno, conforme é mostrado na Figura 2.4.

Figura 2.4 | Representação raster (ou matricial) de dados



Fonte: adaptada de software SIG QGIS 2.18.4.

Já a representação vetorial consiste na representação gráfica dos elementos do mundo real por meio de pontos, linhas e polígonos. Possui coordenadas matematicamente exatas e que são exibidas por um ou mais pares de coordenadas: pontos – um par de coordenadas; linhas – dois pares; e polígonos – três pares. Essa representação não é exclusiva do SIG, pode também ser utilizada por outros softwares, como o CAD que assim como o SIG utiliza computação gráfica para realizar as representações vetoriais.

Figura 2.5 | Representação vetorial de dados



Fonte: adaptada de software SIG QGIS 2.18.4.

Os SIGs proporcionam acessar, armazenar, manipular, recuperar e visualizar dados de ambas as estruturas – raster (ou matricial) e vetorial –, assim como possibilitam transformar dados de uma estrutura para outra.



Assimile

Um SIG engloba dados espaciais e de outros modelos em um único sistema, mas fique atento, porque outros tipos de sistemas, como o CAD, também conseguem manipular esses dados espaciais.

Vamos conhecer o que é a análise de dados geográficos?
Vamos lá?

Os métodos de análise de dados geográficos consistem em vários procedimentos que podem ser aplicados a um ou mais planos de dados com o objetivo de criar novos planos de informações e com isso gerar novas análises. Atualmente, existe uma enorme variedade de funções de manipulações e análises de dados disponíveis nos sistemas.

Vamos conhecer os principais tipos de análises existentes?

- **Análise de padrões de pontos:** O objetivo é localizar a distribuição espacial de pontos levantados, utilizando hipóteses matemáticas, verificando sua aleatoriedade, se é regularmente distribuído.
- **Análise de superfícies:** A finalidade é reconstituir a superfície na qual se obteve e mensurou as amostras coletadas.
- **Análise de áreas:** O propósito é verificar mudanças ou diferenças que ocorrem dentro de polígonos fechados, por exemplo dados censitários mostrando a diferença entre os locais com rendas altas e baixas, e limites político-administrativos, como cidades vizinhas e suas diferenças econômicas.

Além do mais, os softwares de SIGs estão em constantes atualizações permitindo assim a criação de novas funções que pode ser incorporadas aos já existentes. Porém, em alguns casos como não existe uma padronização de nomes e funcionalidades, algumas atualizações possuem funções idênticas e nomes diferentes. Essas antigas e novas funcionalidades nos SIGs existem para-se criar elementos que apoiem os usuários na manipulação e geração de produtos que auxiliem a tomada de decisão, seja em empresas, consultorias, instituições públicas, universidades, dentre outros. Pois, conforme já mencionamos, gerar e visualizar dados, realizar o cruzamento das informações coletadas e armazenar os estudos e produtos realizados são essenciais em várias áreas do conhecimento, como nas áreas agrícola, ambiental e urbana. Por essa razão, o SIG possui atualmente grande importância no mercado de trabalho, pois, ele permite analisar diferentes tipos de dados com base na experiência do usuário, da sua interpretação do mundo real e nas funcionalidades existentes do SIG.



Pesquise mais

Para se aprofundar e conhecer um pouco mais sobre as análises de dados geográficos existentes, basta acessar o link apresentado a seguir e ler as páginas de 1 a 10. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/geopr_prog_engamb/Aula13_ea/analise_espacial_geoproc_gcamara.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2017.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sá. Análise espacial e geoprocessamento. In: _____. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos, SP: INPE, 2002.

Sem medo de errar

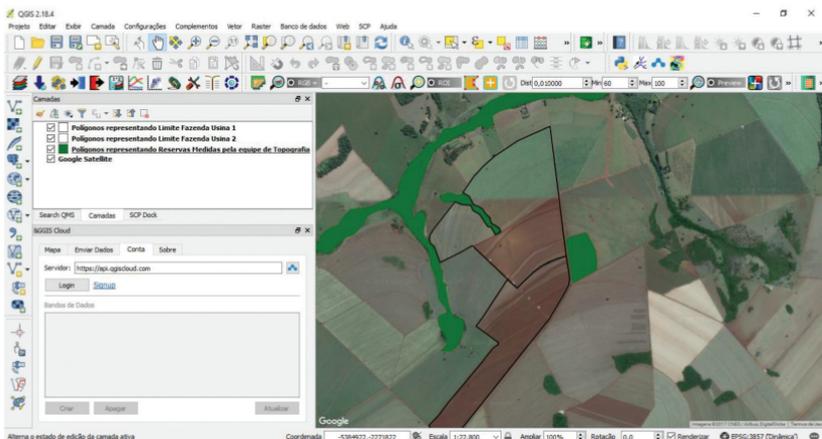
Prezado aluno, após compreender sobre a estrutura de um SIG e suas funções, e como é a estrutura dos dados espaciais e suas análises, agora iremos utilizá-los para resolver a atividade pedida pelo seu coordenador. Lembra que você iniciou o seu trabalho em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental? E que seu coordenador ambiental solicitou que você quantificasse e espacializasse todas as reservas de uma região da usina que sofre com problemas de incêndio? Então, após o estudo realizado, os dados serão arquivados para caso haja novamente algum incêndio.

Seu coordenador avisou-o que a equipe de topografia já fez a medição de todas as fazendas daquela região para que esses dados possam ser utilizados na colheita e no plantio de cana-de-açúcar. Com essa informação do coordenador, você consultou a equipe de topografia, pedindo para que lhe enviassem esses dados com o objetivo de usá-los na espacialização e quantificação das reservas. Dessa forma, como você verificará se esses dados serão compatíveis com o SIG utilizado no estudo solicitado? Qual função do SIG se adequa à solicitação proposta pelo seu coordenador?

Fique tranquilo, lembra que estudamos sobre os dados vetoriais? E que eles possuem a representação em pontos, linhas e polígonos?

Então, a equipe de topografia realizou a medição desses locais utilizando GPS com uma boa precisão para fazer a coleta de dados a fim de verificar o perímetro de cada área. Esses dados coletados possuem coordenadas matematicamente exatas. Após realizado o processamento das informações no SIG, para representar as reservas, a equipe de topografia utilizou polígonos, conforme é demonstrado na Figura 2.6. Essa representação não é exclusiva de SIGs, já que pode ser utilizada em outros softwares, como o CAD, que também utiliza de computação gráfica para realizar a representação vetorial e que é muito usado pelas equipes de topografia nas medições de áreas rurais.

Figura 2.6 | Exemplo de reservas medidas pela equipe de topografia



Fonte: adaptada de Software SIG QGIS 2.18.4.

Mas qual a função se adequa ao estudo solicitado? A função do SIG que podemos utilizar é sua importante finalidade de servir como um banco de dados geográficos, pois ele possui as opções de armazenamento e recuperação de informação espacial para a posterior edição, caso seja necessária. Você se lembra de que após o estudo realizado os dados serão arquivados para caso haja novamente algum incêndio? Desse modo, vemos como é importante conhecer e entender sobre as utilizações do Sistema de Informações Geográficas para estudos ambientais e suas funções de estruturas de dados espaciais e geográficos.

Mapa de localização de propriedade rural

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro florestal e está trabalhando em uma empresa de consultoria de meio ambiente que se chama Selva Ambiental. Ela realiza, entre outros serviços, o licenciamento ambiental, outorgando direito de uso de recursos hídricos, mapeamentos de reservas e APPs (Áreas de Preservação Permanentes). A empresa está prestando serviço para um produtor rural da cidade de União de Minas (MG), sendo contratada para realizar o processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos de sua propriedade. A fazenda do produtor está localizada na zona rural dessa cidade. Na entrega da documentação do produtor ao órgão ambiental eles solicitaram um mapa de localização da fazenda, para caso haja a necessidade de fiscalização. O seu supervisor solicitou que você vá até a propriedade e colete os dados para a posterior confecção do mapa de localização da fazenda, conforme solicitação do órgão ambiental. Dessa forma, quais serão os dados necessários para a confecção do mapa de localização da propriedade, conforme solicitação da fiscalização ambiental?

Resolução da situação-problema

Você se lembra dos dados vetoriais e suas representações? Esse será o dado necessário para a criação do mapa de localização da propriedade, já que, para representar a estrada pela qual se chega lá, você poderá utilizar uma linha; para a representação da propriedade, você utilizará um polígono; e para o local onde é a sede da fazenda, usará um ponto. Essas informações possuem coordenadas matematicamente exatas. Desse modo, vimos mais uma vez como é importante conhecer e entender as utilizações do Sistema de Informações Geográficas para os estudos ambientais e suas funções de estruturas de dados espaciais e geográficos para conseguir realizar trabalhos técnicos corretamente.

Faça valer a pena

1. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) possui uma estrutura com algumas características próprias, que são necessárias para que o sistema funcione corretamente, conseguindo assim responder a perguntas complexas e a realizar análises de dados espaciais e geográficos.

Assinale a alternativa que contém uma das estruturas de um SIG.

- a) Sistema de Informações Geográficas.
- b) Desenho assistido por computador.
- c) Armazenamento.
- d) Sensoriamento remoto.
- e) Conversão.

2. Comparado aos mapas, o SIG possui a vantagem do armazenamento de dados. Como resultado, os dados podem ser apresentados e visualizados de várias maneiras, pois o SIG possui funções que permitem ampliar ou reduzir um mapa, exibir áreas selecionadas, fazer cálculos da distância entre lugares, visualizar tabelas para mostrar detalhes de características de um mapa, sobrepor mapas de outras informações e até mesmo procurar os melhores locais para se montar uma loja por exemplo.

Em relação às funções de um SIG, identifique a opção correta.

- a) É um sistema que processa dados gráficos.
- b) Trata-se de uma matriz que pode ser definida como sendo uma função (X, Y).
- c) Representar artisticamente todo o desenvolvimento humano ao longo do espaço.
- d) Apresentar dados em formato digital ou impresso, que podem ser relatórios de dados, mapas, relatórios analíticos.
- e) Gerar e visualizar dados espaciais e, conseqüentemente, produzir mapas e cartas topográficas

3. Dados espaciais são definidos como qualquer tipo de dado que representa fenômenos aos quais esteja relacionada qualquer localização espacial do mundo real e que podem ser representados basicamente em dois tipos.

Quais são os dois tipos básicos de dados espaciais que podem representar o mundo real?

- a) Raster e vetor.
- b) SIG e CAD.
- c) Sensoriamento remoto e sistema de satélite de navegação global.
- d) Sistema de gestão de bases de dados e detecção remota.
- e) Fonte de dados e geração de dados.

Seção 2.2

Base de dados georreferenciados

Diálogo aberto

Prezado aluno, continuaremos nos aprofundando no geoprocessamento e sensoriamento remoto para vermos como as geotecnologias têm sido fundamental para acompanhar, por exemplo, a cobertura vegetal, que é um dos elementos de grande importância para o suporte do ecossistema e para a garantia de seu pleno funcionamento, mas que tem sofrido impactos ambientais devido a esse crescimento das atividades humanas.

Para isso, teremos que compreender como inserir dados no Sistema de Informações Geográficas (SIG), saber o que são dados alfanuméricos e dados provenientes de sistemas orbitais: GNSS e satélites do ambiente, e como realizar o georreferenciamento de dados espaciais.

Lembre-se de que você iniciou o seu trabalho em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental, assim o seu coordenador ambiental solicitou que você quantificasse e espacializasse todas as reservas de uma região que sofre anualmente com o problema de incêndios criminosos que afetam as reservas desse local.

O mapeamento dessa região é um importante estudo para a compreensão e conhecimento das alterações ambientais que possa acontecer nesse local por ações antrópicas, haja vista que ao redor dessa área está localizado um bairro rural, estradas, pastagens e outras culturas. Esse tipo de mapeamento necessita de um banco de dados confiável para que possa gerar subsídios para a correta tomada de decisão. Diante disso, quais tipos de bancos de dados existem? Quais dados serão necessários para se realizar o que foi solicitado pelo seu coordenador?

Fique tranquilo, nesta seção conheceremos todos os conteúdos necessários para que você possa realizar a atividade solicitada e para que esteja preparado para o mercado de trabalho.

Vamos começar? Bons estudos!

Não pode faltar

Você sabe como inserir dados em um SIG? Você conhece as fontes de dados e seu processo de aquisição?

Bem, a aquisição de dados para uso no geoprocessamento é um processo complexo quando comparado com outras aplicações. Isso acontece devido à entrada de dados não se restringir somente a operações de inserção de dados.

Os problemas ocorrem por dois fatores:

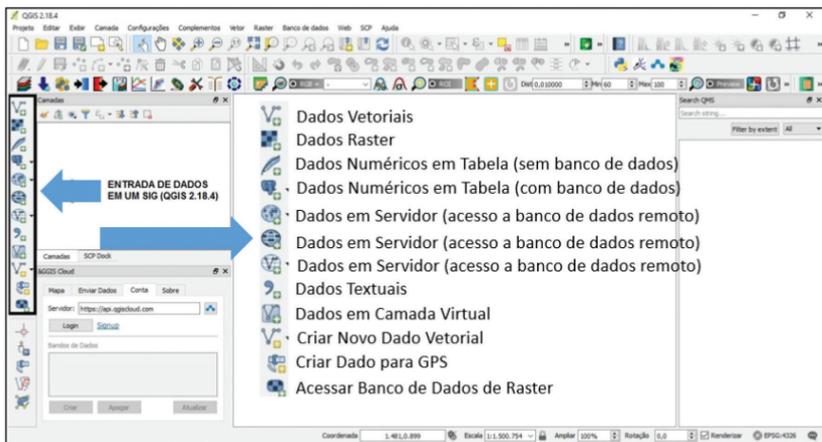
- Tipos de dados geográficos, quando ocorre um processamento mais complexo do que a entrada de dados alfanuméricos, apesar dos SIG também manipular dados alfanuméricos.
- Origem das fontes de dados, sendo que dizem respeito aos fenômenos geográficos que estão acontecendo na superfície da Terra, pertencentes a sistemas naturais, tais como aspectos climáticos, tipos de solos e vegetação, ou elaborados pelo homem, como cidades, propriedades rurais ou urbanas, escolas etc.

As técnicas de coleta de dados são oriundas de tecnologias como o sensoriamento remoto, fotogrametria e levantamentos de campos, ou seja, já vêm sendo utilizadas há várias décadas em outras áreas do conhecimento.

Os dados coletados desses processos são as fontes de dados dos SIGs. Os SIGs dispõem ferramentas de interface que permitem que os dados sejam transferidos para um meio de armazenamento digital. A transferência dos dados do meio externo para o meio interno é um passo no processo de aquisição dos dados. O SIG necessita de alguns componentes básicos para seu funcionamento e manipulação, conforme vimos na seção anterior, e, para que os dados sejam inseridos nele, é necessário inicialmente um hardware (computador) para executar o software. O hardware possui dispositivos para a entrada de dados, como os teclados, portas USB, scanner. Os softwares de SIG também fornecem opções para a inserção de dados, conforme é visto

na Figura 2.7, tornando possível a inserção de dados textuais, numéricos, vetoriais, raster (matriciais), que em conjunto permitem gerar dados e informações para serem utilizados na atualização, consulta, análise e posterior visualização em mapas temáticos, cadastrais, de rede e tabelas. Então, você terá quatro tipos de bancos de dados: textual, numérico, vetorial e raster (matricial).

Figura 2.7 | Locais de entrada de dados em um SIG (Qgis 2.18.4)



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.



Pesquise mais

O software Qgis é um SIG livre e aberto que permite você criar, editar, visualizar, analisar e publicar informações geoespaciais. Ele possui várias opções para inserção de dados de diferentes tipos e formas, conforme já mencionamos no decorrer da seção. Para que os dados sejam inserido nele, é bem fácil e rápido. Caso queira saber mais a respeito, assista ao vídeo no link disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=W8mWa7vjgfo>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Vamos conhecer os dados alfanuméricos que são utilizados no SIG?

Os dados alfanuméricos ou dados não espaciais, ou até mesmo descritivos, são atributos e informações temáticas que são

representados de acordo com a escala da medição realizada e que ajuda a representar os atributos do objeto espacial, conforme é visto na Figura 2.8, e eles estão unidos aos elementos espaciais por meio de geocódigos (identificadores), o que permite o fornecimento dados qualitativos ou quantitativos.

Figura 2.8 | Representação de dados não espaciais/atributos



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

Os dados alfanuméricos são classificados em quatro tipos de escala: ordinal, nominal, de razão e de intervalo. A classificação ordinal consiste na caracterização do objeto em classes distintas e que possuem ordem natural, por exemplo: 1-a; 2-b; 3-c; 4-d; 5-e. A nominal classifica em classes distintas, sem uma ordem e com rótulos que podem ser qualquer atributo, como o uso da terra e suas legendas em "área urbana", "área rural", "cerrado", "vegetação remanescente". Já na classificação de razão, o ponto de referência não é arbitrário, mas definido por qualquer condição natural, por exemplo: variáveis sociais como renda, densidade demográfica. E, por fim, na classificação de intervalo apresenta um ponto arbitrário e que não implica ausência de atributo, por exemplo: localização em latitude/longitude.



Assimile

Os dados alfanuméricos possuem outra subdivisão de escalas, só que mais ampla entre as já mencionadas. Existe a escala de medidas temáticas,

na qual estão inclusas as escalas nominal e ordinal. Ela demonstra que a cada medida é atribuído um número ou nome associando a observação a um tema ou classe. A outra existente é a escala de medida numérica, que permite comparar intervalo e ordem de grandeza entre eventos e é mais detalhada, estão inclusas nessa subdivisão as escalas de razão e intervalo.

Você conhecerá agora os dados provenientes de sistemas orbitais: GNSS e satélites do ambiente. Vamos começar?

Como vimos na seção anterior, os dados espaciais são definidos como qualquer tipo de dado que representa fenômenos que acontecem na superfície terrestre relacionados a qualquer localidade. Desse modo, quando um elemento que possui uma coordenada local (por exemplo: erosão, focos de queimada, pico de montanha etc. possuem uma coordenada local na superfície terrestre) que consiste em fenômenos que não estejam ligados diretamente com coordenadas geográficas, sempre que forem mapeados sobre uma nova coordenada local, todas as informações desse objeto serão dados espaciais. Os dados espaciais caracterizam-se pelas suas atribuições de localização geográfica na superfície terrestre, sendo importante essa informação nos processamentos digitais. Um objeto qualquer, como uma região, uma cidade, a foz de um rio ou o pico de uma montanha, apenas tem sua localização geográfica determinada quando se pode representá-la em relação a outro objeto, cujo lugar seja previamente conhecido ou quando se define sua localização em relação ao sistema de coordenadas.



Refleta

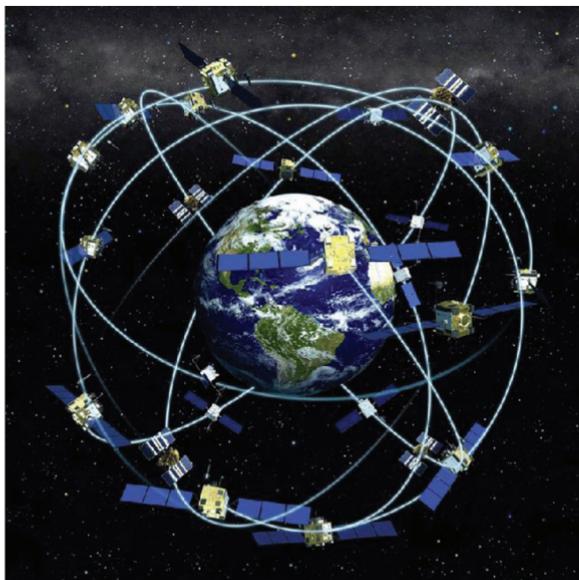
Você já deve ter utilizado um GPS ou um celular com essa função, não é mesmo? Mas você sabia que existe vários outros sistemas iguais a ele? Você sabe de onde ele é? E o sistema Galileo, já ouviu falar? Você sabe a relação entre eles?

Aproveitando, você sabe o que é Sistema Global de Navegação por Satélite – *Global Navigation Satellite System* (GNSS)? Ele é o conjunto de vários sistemas de navegação, sendo o *Global Position System* (GPS) um exemplo desses sistemas de produção estadunidense.

Outro exemplo é o GLONASS, sigla que se refere ao sistema de navegação por satélite desenvolvido inicialmente pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). O Compass, chinês, e o Galileo, criado pela União Europeia, são constelações ainda em fase de implantação. Você conhece as constelações de satélites? São vários satélites que orbitam em volta da Terra de forma simultânea, conforme é mostrado na Figura 2.9.

Esse conjunto de sistemas orbitais, desenvolvidos e aprimorados ao longo do tempo, concedem ao usuário portador de um receptor GNSS posicionado em qualquer ponto da superfície terrestre, em tempo real, no mínimo quatro satélites a fim de que sejam rastreados para que sejam usados nas atividades desenvolvidas.

Figura 2.9 | Representação de sistemas orbitais



Fonte: Wikipédia. Licenciado sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GPS-constellation-3D-NOAA.jpg#filelinks>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Sobre os satélites do ambiente, tudo se iniciou com o Sputnik 1, que foi o primeiro satélite artificial lançado em 1957 pela URSS, e sua função básica consistia em transmitir um sinal de rádio para ser sintonizado por rádio amador. A partir desse momento, os satélites têm evoluído de forma constante, como é o caso do Vanguard 2, primeiro satélite que transportou instrumentos meteorológicos. Os satélites

de monitoramento de recursos ambientais ou satélites do ambiente, como os da série *Land Satellite* (Landsat), que foi lançado em 1972, e o SPOT, que teve o lançamento em 1986, são indicados para monitorar os recursos naturais. Posteriormente, foram lançados vários satélites ambientais de alta resolução espacial com sensores pancromáticos, por exemplo: *Indian Remote Sensing Satellite 1A* (IRS 1A), o IKONOS II PAN, Korea Multi-purpose Satellite 1 (KOMPSAT 1), Earth Resources Observation Satellite A1 (EROS A1) e QuickBird I.

Lembra que já mencionamos que o mundo real pode ser representado por dados raster (matriciais) e vetoriais?

Então, nos dados raster segundo Davi, Camara (2001, p. 2-17) “o espaço é representado como uma matriz, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas”. Já os dados vetoriais os pontos, linhas e polígonos são utilizados para representar de forma simplificada objetos do mundo real.

Portanto, os dados espaciais oriundos de sistemas orbitais nos permitem utilizando o SIG acessar, armazenar, manipular, recuperar e visualizar dados de ambas as estruturas – raster (ou matricial) e vetorial –, assim como a possibilidade de transformar dados de uma estrutura para outra.



Exemplificando

Você já ouviu falar no Serviço Internacional de GNSS (IGS, na sigla em inglês)? O IGS é uma federação voluntária com mais de 200 agências ao redor do mundo, que comanda estações de dados GNSS, divulga as informações associadas aos pontos de referência e tem como objetivo principal fornecer informações e dados geoespaciais, servindo como base para pesquisa científica, aplicações multidisciplinares na educação, nas áreas de geodésia, geofísica, oceanografia etc. Hoje, o IGS possui os sistemas GPS e Glonass, porém no futuro contará também com os dados do Galileo e do Compass. Para saber mais a respeito, basta acessar o site IGS. Disponível em: <<http://www.igs.org/products>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

Vamos conhecer o que é georreferenciamento de dados espaciais?

O georreferenciamento de dados espaciais consiste na implantação de coordenadas terrestres em uma imagem, mapa ou qualquer outro dado geográfico. Esse processo começa com a aquisição de coordenadas de pontos em um raster ou mapa a ser georreferenciado e esses pontos são conhecidos como pontos de controle. Pontos de controle são locais identificáveis, que podem ser uma feição física como topos de montanhas, rios, detalhes de local estudado, interseções de ruas, estradas etc., conforme é representado na Figura 2.10.

Figura 2.10 | Representação de ponto de controle e sua coordenada georreferenciada na interseção de dois rios



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

Os pontos de controle são utilizados para se criar a relação entre o sistema de coordenadas, por exemplo SIRGAS 2000, WGS84, SAD69 etc., e o sistema de coordenadas do terreno. Basicamente, são pontos de referência no solo, utilizados no pós-processamento das imagens, aumentando assim a acurácia dos produtos finais gerados. A aquisição das coordenadas dos pontos de controle pode ser executada em campo durante levantamentos topográficos, dados coletados com GPS durante amostragens de campo, por imagens escaneadas ou mapas georreferenciados. Após feita a coleta dos pontos de controle, é necessário realizar o pós-processamento desses dados, que será

feito em um SIG. Nesse momento você realizará a amarração entre a imagem e as coordenadas geográficas existentes nos pontos de controle. A partir dessas duas informações (imagem e coordenada), o SIG é capaz de georreferenciar as imagens em relação ao terreno. Após a realização desse processamento de dados, você consegue fazer uma geodécisão, que consiste no uso de uma informação geográfica para a tomada de decisão com mais acurácia, pois, convenhamos, sem a execução do processo seu estudo perderia credibilidade já que ele não possuiria informações corretas e exatas.



Pesquise mais

Vamos ver como é realizado o georrefenciamento de imagens em um SIG? Utilizaremos o software Qgis, pois, conforme já mencionamos anteriormente, ele é um SIG livre que permite a manipulação de informações geoespaciais. Para saber mais a respeito, assista ao vídeo indicado a seguir e se aprofunde no mundo das geotecnologias.

Laboratório de Geotecnologias Mackenzie. 0205 Georreferenciamento de imagens no QGIS. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1M4PkmNSNxw>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Sem medo de errar

Prezado aluno, após os conteúdos estudados nesta seção, como podemos desenvolver a atividade solicitada pelo seu coordenador? Lembra que mencionamos que você iniciou o seu trabalho em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental, sendo o responsável pelos licenciamentos ambientais e mapeamentos das reservas e APPs (Áreas de Preservação Permanentes)? Então, existe uma região da usina que sofre anualmente com o problema de incêndios criminosos que afetam as reservas desse local por estar localizado próximo a bairro rural, estradas, pastagens e outras culturas. Por isso coordenador ambiental solicitou a você que quantificasse e espacializasse todas as reservas dessa região e arquivasse essas informações, para no caso de ocorrência de algum incêndio seja necessário somente ir

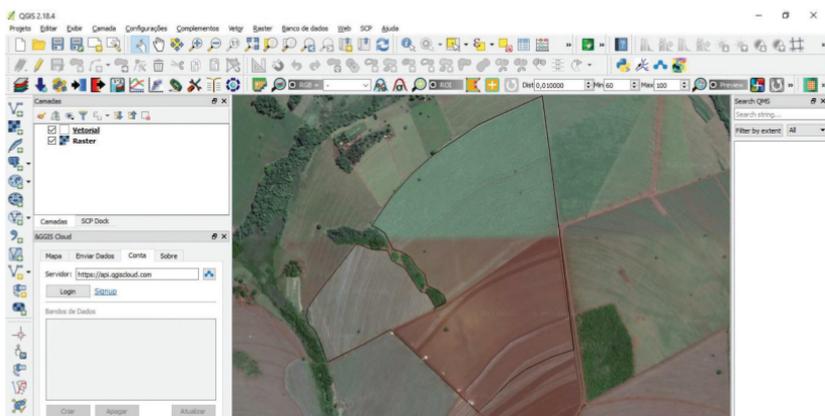
ao local avaliar o dano e propor um plano de recuperação desses locais. O mapeamento dessa região é um importante estudo para a compreensão e conhecimento das alterações ambientais que possam acontecer nesse local por ações antrópicas, haja vista que ao redor dessa área estão localizados um bairro rural, estradas, pastagens e outras culturas. Esse tipo de mapeamento necessita de um banco de dados confiável a fim de gerar subsídios para a tomada de decisão correta. Diante disso, quais tipos de bancos de dados existem? Quais dados serão necessários para se realizar o que foi solicitado pelo seu coordenador?

Você se lembra do que vimos nesta seção? Mencionamos os bancos de dados existentes, que são quatro: textual, numérico, vetorial e raster (matricial), e eles necessitam estar reunidos e armazenados em um local físico ou virtual, que permita facilidade de uso e manutenção, que possua segurança para ser considerado um banco de dados. Esses tipos de banco de dados nos permitem gerar uma grande quantidade de análises durante o desenvolvimento dos trabalhos solicitados.

Para resolver o segundo questionamento, necessitaremos de dados de GPS com as medições das reservas dos levantamentos já realizados pela equipe de topografia, está lembrado? Essa informação é um dado vetorial. Para complementar seu banco de dados, você usará dados raster de satélites do ambiente, podendo fazer o seu download no site do EarthExplorer (Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 3 nov. 2017). Esses dados são gratuitos e com ótimas resoluções espaciais.

Após realizada a aquisição de dados vetoriais e matriciais, você usará um SIG (QGIS, SPRING, QvSIG etc.) para fazer a manipulação dessas informações e conseguir espacializar e quantificar o trabalho solicitado. Por meio dos dados vetoriais você conseguirá quantificar as reservas daquela região e por meio dos dados raster conseguirá espacializá-las, demonstrando os seus locais, conforme podemos ver na Figura 2.11.

Figura 2.11 | Representação vetorial e matricial para quantificar e espacializar uma fazenda



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

Desse modo, vemos como é importante conhecer e entender sobre as utilizações do Sistema de Informações Geográficas para estudos ambientais e suas funções estruturas de dados espaciais e geográficos.

Avançando na prática

Levantamento de dados na BR050

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro florestal que trabalha em uma empresa especializada na prestação de serviços de manutenção e conservação de rodovias e ferrovias. Atualmente, devido aos altos focos de incêndios que estão acontecendo nas laterais das rodovias, a Prefeitura Municipal de Uberaba (PMU), juntamente com os Bombeiros Militares, gostaria de saber quais locais na BR050 estão sofrendo com os focos de incêndios e já tiveram a área queimada na divisa com a pista. O proprietário da empresa solicitou a você que rode toda a BR050 que está dentro do município de Uberaba (MG) e marque os locais, conforme a solicitação da PMU e Bombeiros, para posterior tomada de decisão dos órgãos competentes. Dessa forma, quais dados serão utilizados para marcar os focos de incêndios ou os locais afetados na BR050?

Resolução da situação-problema

Está lembrado que vimos sobre dados de GNSS? Para resolver essa situação solicitada pela PMU, teremos que utilizar dados coletados de GPS, pois ele possui um conjunto de sistemas, desenvolvidos e aprimorados ao longo do tempo, que concede ao usuário portador de um receptor GNSS posicionado em qualquer ponto da superfície terrestre, em tempo real, no mínimo quatro satélites para serem rastreados. Os dados coletados pelo GPS serão usados para marcar os locais afetados pelos incêndios com base em levantamentos de campo, para podermos representar na BR050 os focos de incêndio ou as áreas já afetadas, já que em cada situação será coletada um ponto no aparelho de GPS para posterior uso no SIG e confecção de um mapa temático para demonstrar espacialmente esses locais afetados. Como essas informações possuem coordenadas matematicamente exatas, caso seja necessário, a PMU e Bombeiros poderão conferir in loco os problemas encontrados. Desse modo, vemos como é importante conhecer e entender sobre as utilizações do Sistema de Informações Geográficas para estudos ambientais e suas funções de estruturas de dados espaciais e geográficos para conseguir realizar trabalhos técnicos corretos.

Faça valer a pena

1. O hardware (computador) possui dispositivos para a entrada de dados, como os teclados, portas USB, scanner. Os softwares de SIG também fornecem opções para a inserção de dados, pois é possível inserir dados textuais, numéricos, vetoriais, raster (matriciais).

Marque a opção correta em relação a um dispositivo de entrada de dados de um hardware:

- a) Vetor.
- b) Raster.
- c) Portas USB.
- d) SIG.
- e) CAD.

2. Os dados alfanuméricos ou dados não espaciais, são atributos e informações temáticas que são representados de acordo com a escala da medição realizada e que ajuda a representar os seus atributos do objeto espacial.

Marque a opção em que possui os quatros tipos de escalas dos dados alfanuméricos.

- a) Ordinal, nominal, aritmética, intervalo.
- b) Ordinal, nominal, razão, binária.
- c) Ordinal, vetorial, razão, intervalo.
- d) Ordinal, nominal, razão, intervalo.
- e) Progresso, Nominal, Razão, Intervalo.

3. Tudo se iniciou com o Sputnik 1 que foi o primeiro satélite artificial que foi lançado em 1957 pela URSS, sua função básica consistia em transmitir um sinal de rádio para ser sintonizado por rádio amador. A partir desse momento, os satélites têm evoluído de forma constante.

Analise as afirmações a seguir:

I - O Vanguard 2 foi o primeiro satélite que transportou instrumentos meteorológicos.

II – O Global Navigation Satellite System (GNSS) é um conjunto de vários sistemas de navegação.

III – O Sputnik 1 foi o primeiro satélite artificial que existiu.

IV – O Galileo, criado pela União Europeia, é uma constelação em implantação.

V – O QuickBird I é um satélite com alta resolução espacial com sensores pancromáticos.

De acordo com as afirmações, é correto afirmar que:

- a) Somente a I está correta.
- b) Somente a II e a III estão corretas.
- c) Somente a III e a IV estão corretas.
- d) Somente a II, III e IV estão corretas.
- e) Somente a V está correta.

Seção 2.3

Georreferenciamento e modelagem de dados espaciais

Diálogo aberto

Prezado aluno, seja bem-vindo à terceira seção da Unidade 2 que compõe a disciplina de Geoprocessamento e sensoriamento remoto. Para continuar nos aprofundando no mundo das geotecnologias é necessário estudar os métodos utilizados para caracterizar, diagnosticar e quantificar as mudanças ocorridas no meio ambiente em tempo real. Devido a isso temos que compreender o que é modelagem digital para aplicações geográficas, entender sobre o Modelo Numérico do Terreno (MNT) e saber a interpolação de dados digitais e a representação de dados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Dando continuidade ao que vimos ao longo desta unidade, você trabalha em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental e o seu coordenador ambiental solicitou que espacializasse e quantificasse todas as reservas de uma região que sofre com incêndios? Pois, então, ao término do estudo, o seu coordenador pretende apresentar para a gerência da usina o mapeamento realizado para mostrar as áreas de reservas que podem ser afetadas caso ocorra novos incêndios naquela região. Devido a essa apresentação, você faz uma pesquisa para conhecer estudos e relatórios que mostrem como são representados os dados sobre incêndios. Dessa forma, quais são os tipos de representação de dados? Qual a melhor forma de representar os dados gerados no estudo solicitado? Podemos utilizar os dados de incêndios nas reservas de anos anteriores para fazer um mapa de locais com maior incidência?

Fique tranquilo, nesta seção conheceremos todos os conteúdos necessários para que você possa realizar essa atividade solicitada e também lhe preparar para o mercado de trabalho.

Vamos começar? Bons estudos!

Não pode faltar

Você conhece o que é a modelagem digital para aplicações geográficas? Não? Vamos conhecer?

A modelagem digital de dados tem sido amplamente utilizada em diversos estudos, porém apresenta limitações nas aplicações geográficas. Os modelos de dados existentes para aplicações geográficas necessitam de informações adicionais, sendo:

- O local de fonte de dados.
- Os tipos de levantamentos.
- A escala utilizada no estudo.
- O SIG utilizado.
- Os tipos de elementos a serem representados e as suas interações.

A escolha de um modelo digital pode ser realizada considerando sua facilidade de uso no SIG, a clareza da informação que poderá ser gerada e a identificação do banco de dados espaciais ou não utilizados. A utilização do SIG na modelagem geográfica se mostra crescente nesse contexto ambiental e suas ferramentas nos dão toda uma base para a produção de um estudo consistente.

Mencionamos anteriormente sobre modelos de dados, mas você sabe o que é isso? Vamos descobrir? Modelos de dados são compostos de características próprias, como tabelas, atributos e representação de um fenômeno do mundo real, que poderão ser utilizadas para mostrar as estruturas e manipulações de um banco de dados. Esses modelos necessitam estar organizados para que a sua representação no SIG consiga transmitir o entendimento adequado dos processamentos realizados. Os objetos e a realidade estudada são complexos demais para permitir uma representação completa, considerando os recursos existentes e os bancos de dados atuais. Por isso, é necessário construir uma interpretação dos objetos e a realidade estudada de modo a obter uma condição de representação específica, mesmo simplificada, mas que seja adequada às finalidades pretendidas. Os primeiros modelos de dados para aplicações geográficas eram formatados para as estruturas internas de um SIG. O responsável pela manipulação dos dados era forçado a moldar os dados nas estruturas disponíveis do SIG. Desse

modo, a modelagem digital não oferecia meios para uma representação da realidade mais próxima ao conhecimento do usuário. Isso mostra que a modelagem digital para aplicações geográficas necessitou de modelos digitais mais favoráveis, que pudessem demonstrar toda as características que os dados geográficos oferecem sem perder sua expressividade. Assim, fica evidente que a modelagem do mundo real é uma operação muitas vezes difícil, pois envolve o espaço geográfico e seus fenômenos, o que pode dificultar sua representação adequada.

Nos últimos anos a modelagem geográfica tem ganhado relevância devido às atualizações dos SIGs com o aumento de novas ferramentas operacionais, o surgimento de novos softwares e os avanços em outras ciências ligadas a Terra.



Assimile

Um SIG é estruturado para representar o mundo real em níveis de informações digitais em um sistema de coordenadas, permitindo sua integração por algoritmos lógicos, estatísticos e matemáticos. Desse modo, o modelo digital busca sistematizar o que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados nesse ambiente informatizado. No entanto, é necessário fazer uma interpretação dos dados obtidos para se obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada, que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados e do estudo proposto.

O que é Modelo Numérico do Terreno (MNT)? Vamos descobrir?

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) ou Modelo Digital do Terreno (MDT) é a representação matemática da superfície terrestre que permite caracterizar a forma do relevo, a geologia do local, realizar o levantamento da profundidade de um rio ou de dados geofísicos, geoquímicos e meteorológicos. Os modelos numéricos são utilizados como uma representação quantitativa dessa superfície que pode variar continuamente no espaço. Em um MNT de formato matricial cada pixel da imagem possui um conjunto de coordenadas, por exemplo, os pontos X e Y representam a latitude e longitude e o Z representa a altitude. No formato vetorial, também pode se usar pontos para simbolizar os locais e seus atributos. Para se obter esses dados são necessários os levantamentos de campo com GPS, Veículo Aéreo

Não Tripulado (VANT), aviões, satélites e também a digitalização de mapas. As aplicações e produtos gerados pelo MNT são elaborados a partir de modelos realizados na configuração da grade regular ou irregular. Esses formatos facilitam a execução de algoritmos durante as manipulações e fazem com que esses processamentos sejam mais rápidos computacionalmente.



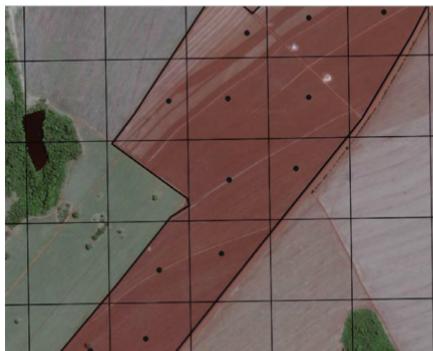
Pesquise mais

O Projeto TOPODATA foi lançado em 2008 e oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações de todo o país. Eles foram elaborados a partir de dados SRTM e estão estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000. Acesse o site do projeto para visualizar a quadrícula da sua cidade. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

As técnicas para a aquisição de dados podem ser por pontos amostrados ou mapa de isolinhas, conforme é possível ver na Figura 2.12. Vamos conhecer mais sobre isso?

- Amostragem por pontos: A atenção na seleção dos pontos e a quantidade de dados levantados estão relacionados diretamente com a qualidade do produto final da aplicação no modelo. Quanto mais pontos representar a superfície real, maior será o esforço computacional do SIG para armazenar, recuperar, processar, até que se obtenha o produto final da aplicação.

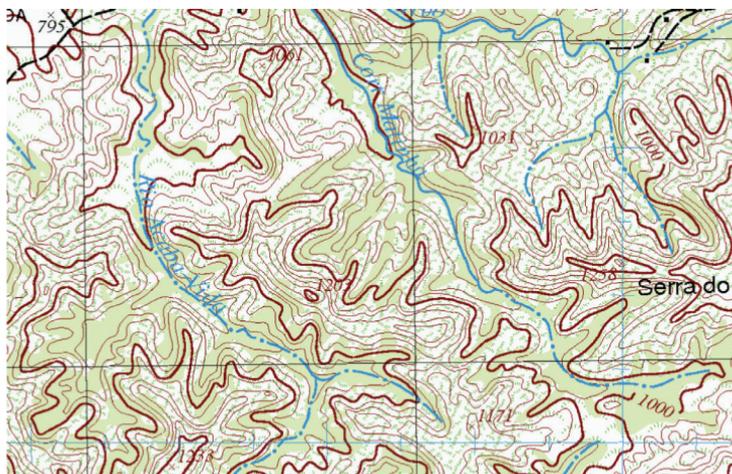
Figura 2.12 | Representação de amostragem por pontos



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

- Amostragem por isolinhas: Os mapas de isolinhas são a representação de uma superfície real por meio de curvas de isovalor, conforme é visto na Figura 2.13. Os atuais mapas topográficos foram elaborados por meio de dados obtidos em trabalhos de campo e aerolevantamentos.

Figura 2.13 | Representação de amostragem por isolinhas



Fonte: Wikipédia. Licenciado sob domínio público. Via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carta_topografica_Exercito_2.png>. Acesso em: 29 out. 2017.

Mas onde o MNT é aplicado nos estudos ambientais? Ele é utilizado para mapear a altimetria de um local a ser estudado ou trabalhado, por exemplo. Mas também possui outras aplicações, vamos conhecer? O MNT pode ser usado para realizar a classificação de paisagens e para elaborar mapas de declividade, de evapotranspiração, de processos erosivos, entre outros. Mas devemos lembrar que esse modelo necessita de um SIG para sua manipulação e posterior representação.



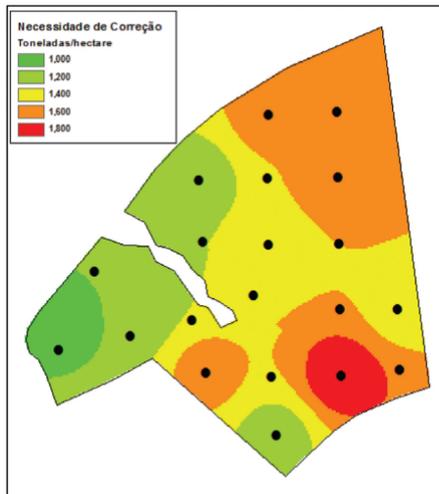
Exemplificando

O Modelo Numérico do Terreno (MNT) ou Modelo Digital do Terreno (MDT) é utilizado como uma representação quantitativa da superfície terrestre, que pode variar continuamente no espaço. Veja como pode ser feito no QGIS. **Criar MDT e MDE com o Plugin Interpolador no QGIS.** YouTube. 4'43". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NPLuvDFNafA>>. Acesso em: 29 out. 2017.

Vamos descobrir o que é a interpolação de dados digitais? Já ouviu falar? Não? Vamos conhecer?

A interpolação de dados digitais é um processo que usa pontos conhecidos obtidos por meio do uso do SIG ou após um levantamento de campo para calcular valores desconhecidos de outros pontos. Por exemplo, se você não possui dados que consigam cobrir todo o local mapeado em cada metro quadrado ou hectare e pretende criar um mapeamento de recomendação de corretivos em alguma cultura agrícola (cana-de-açúcar, soja, milho, sorgo, pastagem, café, entre outros) utilizando o SIG, pode usar a interpolação de dados. Por essa razão, a interpolação de dados digitais é um meio para se estimar a quantidade de corretivos que será utilizada nesses locais que não possuem dados levantados, conforme podemos ver na Figura 2.14.

Figura 2.14 | Mapa de recomendação de corretivos em cana-de-açúcar interpolado de dados de análises de solo



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

Dados de produtividades agrícolas, de análises de solos, de precipitação, de elevação e densidade populacional são alguns exemplos em que podemos realizar cálculos utilizando a interpolação. Após esse tipo de análise espacial, a nova superfície gerada é chamada de superfície estatística. A aquisição de dados normalmente é realizada em número reduzido de pontos por conta do seu alto custo, e em muitos casos as pesquisas e os levantamentos realizados possuem

recursos limitados, afetando assim a quantidade final coletada. No SIG, a interpolação dos pontos coletados é realizada por análises estatísticas a fim de se criar um novo raster com estimativas de dados para esses locais sem informações, e assim os resultados dessas análises pós-interpolação podem ser utilizadas para toda uma área estudada.



Refleta

Você já pensou como seria se não existisse a interpolação de dados digitais? Como realizaríamos estudos de grandes áreas sem esse processo? Dependendo do estudo, não teríamos como conseguir calcular os valores desses locais, já que são regiões distantes para que possamos nos deslocar até lá e realizar a coleta de dados.

No SIG os principais métodos de interpolação de dados digitais são o Peso pelo Inverso da Distância (em inglês, *Inverse Distance Weighting* – IDW) e a Rede de Triangulação Irregular, também conhecido como *Triangular Irregular Network* (TIN). Vamos conhecer um pouco mais sobre eles? No método IDW são atribuídos valores a pontos amostrais, de modo que a influência de um sobre o outro diminua com a distância do novo ponto criado. No método TIN são utilizados pontos de amostragem para gerar uma superfície formada por triângulos a partir de informações dos pontos mais próximos. Existem outros métodos de interpolação, como a cokrigagem e krigagem, mas que são pouco utilizados nos processamentos de dados digitais.

Você lembra o que mencionamos nas primeiras seções sobre a análise de dados? Pois, então, a interpolação de dados digitais é um tipo de análise que realizada por meio de um SIG e suas ferramentas a fim de se obter resultados para a correta tomada de decisão, mas devemos lembrar que é necessário verificar qual método se encaixa na sua pesquisa para a melhor estimativa de dados possíveis, pois cada usuário terá diferentes tipos de pesquisa ou trabalho que serão realizados.



Exemplificando

Vamos ver como é feito no SIG QGIS a interpolação IDW? Só lembrando que o QGIS é um SIG livre e que permite manipular informações

geoespaciais. Para saber mais, assista ao vídeo a seguir e se aprofunde ainda mais no mundo das geotecnologias.

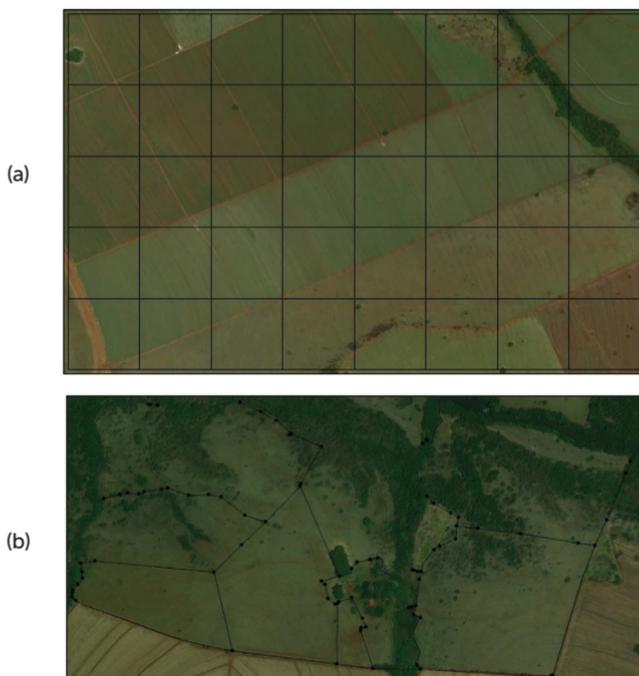
QGIS – create IDW Interpolation. YouTube. 2'23". Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=AljVt8tjhVM>>. Acesso em: 29 out. 2017.

Vamos conhecer sobre a representação de dados em um SIG?

Lembra que mencionamos nas seções anteriores sobre como o mundo real pode ser representado? Falamos um pouco sobre raster e vetor, conforme pode ser visto na Figura 2.15.

Figura 2.15 | Representação de dados Raster (A) e Vetor (B)



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

Lembrou? Então, a representação no formato raster ou matricial é formada por uma matriz de células regulares, conforme a Figura 2.15, na qual é possível observar que para cada célula ou pixel é relacionado

um conjunto de valores para representar a característica física do local estudo. Esse conjunto de valores pode ser coordenadas geográficas (longitude e latitude) ou planas (X, Y), que serão adquiridas por meio da posição da célula na matriz nas suas colunas e linhas. Imagens de satélites, VANTs e drones e os Modelos Numéricos dos Terrenos são representados no formato raster. Já na representação no formato vetorial se utiliza pontos, linhas e polígonos, como é mostrado na Figura 2.15. Os pontos representam um par de coordenadas, as linhas são uma sequência de pontos e os polígonos são representados por uma linha onde o ponto inicial e final encontram-se.

Para a representação no SIG o conhecimento e a experiência do usuário é um fator importante, pois os princípios usados para entender o espaço são constantemente fundamentados com base no seu conhecimento e na sua vivência. Assim, a experiência e o conhecimento do usuário do SIG, de acordo com sua decisão, podem ocasionar alterações no produto final. Por exemplo, uma represa de uma hidroelétrica pode ser vista como um polígono de água, dependendo do conhecimento sobre o local e a interpretação de quem está observando esse dado gerado. As diferentes interpretações de um dado podem ser consideradas como outras visões para uma mesma entidade geográfica. As ruas, avenidas, redes de tráfego de dados e divisões territoriais são representadas em formato vetorial. Tipos de relevos, hidrologia, vegetação remanescente e tipos de solos são representados em raster através de várias camadas, como já vimos nos mapas temáticos, ou em uma única camada



Exemplificando

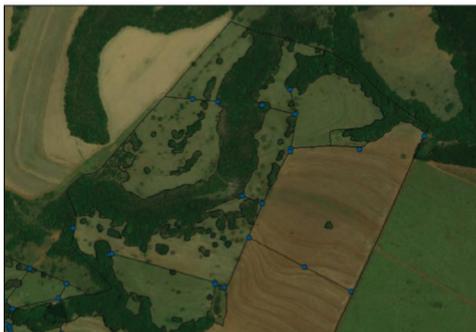
A representação no formato vetorial utiliza pontos, linhas e polígonos para representar o mundo real, mas você sabe como é criado uma camada vetorial em um SIG? Vamos aprender? Para isso, usaremos o SIG QGIS. A fim de aprender mais, assista ao vídeo a seguir: **Tutorial QGIS 2 – Criação de camadas vetoriais**. YouTube. 3'53". Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6aa9dHtUjFI>>. Acesso em: 29 out. 2017.

Sem medo de errar

Prezado aluno, após conhecer os conteúdos estudados nesta seção, como podemos desenvolver a atividade solicitada pelo seu coordenador? Está lembrado? Não? Vamos recordar: você se lembra de que iniciou o seu trabalho em uma usina de açúcar e álcool no setor ambiental e seu coordenador ambiental solicitou a você para quantificar e espacializar todas as reservas de uma região da usina que sofre com problemas de incêndio? Então, após o estudo realizado, os dados serão apresentados para a gerência da usina com o objetivo de apresentar as áreas de reservas que podem ser afetadas caso ocorra novos incêndios naquele local. Devido a essa apresentação, você faz uma pesquisa para conhecer estudos e relatórios que mostrem como são representados os dados sobre incêndios. Dessa forma, quais são os tipos de representação de dados existentes? Qual a melhor forma de representar os dados gerados no estudo solicitado? Podemos utilizar os dados de incêndios nas reservas de anos anteriores para fazer um mapa de locais com maior incidência?

Mostramos a você como é feito a representação dos dados em SIG, lembra? Então, naquela seção mostramos como é feita a representação do mundo real nos softwares. As ruas, avenidas, redes de tráfego de dados e divisões territoriais são representadas em formato vetorial, já, por exemplo, tipos de relevos, hidrologia, vegetação remanescente e tipos de solos são representados em raster através de várias camadas, como já vimos nos mapas temáticos, ou em uma única camada.

Figura 2.16 | Representação de dados vetoriais



Fonte: Software SIG QGIS 2.18.4.

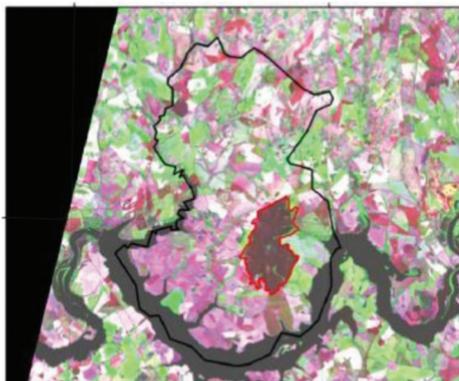
E, para representar os dados gerados em estudo sobre incêndios, como isso pode ser feito?

Você fez uma pesquisa em alguns órgãos oficiais para conhecer os estudos e relatórios realizados e como é realizada a representação desses dados sobre incêndios.

- Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/monitoramento-de-incendios-florestais>>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <http://ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=785&Itemid=697>. Acesso em: 26 nov. 2017.

Com base na pesquisa realizada, você viu como é feita essa representação utilizando o SIG, agora criaremos um mapa temático (falamos sobre isso nas seções anteriores, está lembrado?) para representar as reservas da região que sofre com esses problemas, conforme é visto na Figura 2.17, porque com essa representação conseguiremos localizar os locais que sofrem com incêndios e propor meios de preservação ambiental.

Figura 2.17 | Exemplo de região (polígono menor em vermelho) que sofre com problemas de incêndios no município de Água Comprida (MG) – limite do município em preto



Fonte: Santos et al. (2016, p. 816). Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4335/3009>>. Acesso em: 29 out. 2017.

E utilizar os dados de incêndios nas reservas de anos anteriores, poderemos? Sim, sabe como? Utilizando o método da interpolação de dados digitais, como teremos alguns pontos conhecidos de áreas que já sofreu com incêndios, poderemos calcular a dimensão desses impactos na região. Com o uso de um SIG para realizar o processamento dos dados, a criação desse mapa que será anexado no relatório solicitado será uma importante ferramenta para a tomada de decisão, pois mostrará todos os locais onde serão necessários maiores cuidados na preservação da fauna e flora.

Avançando na prática

Estudo da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA – MT) sobre as chuvas no estado

Descrição da situação-problema

Você é um fiscal da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso, e seus superiores solicitaram a realização de um estudo sobre as chuvas no estado.

Nas principais regiões agrícolas, foi identificado um período prolongado de estiagem, que está afetando toda a cadeia produtiva e consequentemente diminuindo as receitas que entram no estado, pois essa produção é para exportação.

Você começa o estudo solicitado e se depara com um problema: terá disponíveis somente algumas estações meteorológicas próximas a essas regiões.

Como calculará as informações das regiões das quais não possui dados das estações meteorológicas?

Resolução da situação-problema

Para resolver esse estudo solicitado, lembre-se que você estudou a interpolação de dados digitais. Utilizaremos esse processo para resolver essa situação, pois para fazer esse tipo de processamento é necessário possuir alguns pontos conhecidos obtidos por meio de um banco de

dados por exemplo e usar o SIG para calcular os valores desconhecidos dessas outras regiões. Para isso você criará uma superfície interpolada no SIG QGIS para demonstrar as precipitações desses locais. Mas você se lembra de que no SIG há dois principais métodos de interpolação de dados, que são o IDW e o TIN? Então, nessa situação você utilizou a interpolação IDW, mas deve-se lembrar que é necessário verificar qual método se encaixa em cada tipo de pesquisa para a melhor estimativa de dados possíveis, pois cada estudo é único.

Faça valer a pena

1. A interpolação de dados digitais é um processo que usa pontos conhecidos obtidos por meio do SIG ou após um levantamento de campo para calcular valores desconhecidos de outros pontos do espaço.

Identifique um dos principais métodos de interpolação de dados digitais existentes.

- a) NIT.
- b) Vetor.
- c) TIN.
- d) IDV.
- e) SIG.

2. O Modelo Numérico do Terreno (MNT) ou Modelo Digital do Terreno (MDT) é a representação matemática da superfície terrestre, que permite caracterizar a forma do relevo, a geologia do local, realizar o levantamento da profundidade de um rio ou de dados geofísicos, geoquímicos e meteorológicos.

Qual alternativa possui uma aplicação do MNT nos estudos ambientais?

- a) Agricultura de precisão.
- b) Mapas de processos erosivos.
- c) Vegetação remanescente.
- d) Levantamento com GPS.
- e) Coleta de dados.

3. Para a representação no SIG, o conhecimento e a experiência do usuário é um fator importante na percepção espacial, pois os modelos humanos de compreensão espacial e os princípios usados para entender o espaço são constantemente fundamentados em noções que não podem ser implantadas no resultado final proposto, necessitando assim de uma definição formal.

Assinale a seguir a alternativa que apresenta três representações vetoriais corretas.

- a) Latossolo vermelho distrófico nitossólico, TOPODATA, MDE.
- b) Localização de um município, avenida, redes de tráfego de dados.
- c) Redes de drenagem, bacia hidrográfica, latossolo vermelho-amarelo.
- d) MNT, ruas, imagens orbitais.
- e) Divisão territorial, planície, vegetação remanescente.

Referências

CÂMARA, G; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, maio/jun. 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0097849396000088>>. Acesso em: 3 nov. 2017

CÂMARA, Gilberto et al. Análise espacial e geoprocessamento. **Análise espacial de dados geográficos**, v. 2, 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/geopr_prog_engamb/Aula13_ea/analise_espacial_geoproc_gcâmara.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2017.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – INPE, São José dos Campos. 1995.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. São José dos Campos, v. 264, 1995. Disponível em: <https://www.academia.edu/510122/Modelos_linguagens_e_arquiteturas_para_bancos_de_dados_geogr%C3%A1ficos>. Acesso em: 8 dez. 2017.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. 2001. Disponível em: <<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/570/1/publicacao.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2017

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sâ. Análise espacial e geoprocessamento. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2002. v. 2.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; FUCKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sâ. Análise espacial e geoprocessamento. In: _____. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos, SP: INPE, 2002.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo Cartaxo Modesto; FREITAS, Ubirajara Moura; GARRIDO, Juan. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

DA SILVA, Aguinaldo Araújo; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; JUNIOR, João Rodrigues Tavares. Inserção de dados altimétricos na diferenciação de tipos florestais em brejos de altitude. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, 2010.

DA SILVA, Aguinaldo Araújo; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra; JUNIOR, João Rodrigues Tavares. Inserção de dados altimétricos na diferenciação de tipos florestais em brejos de altitude. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, 2010. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/270>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

DAVIS, Clodoveu; CÂMARA, Gilberto. **Arquitetura de sistemas de informação geográfica. Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

DAVIS, Clodoveu; CÂMARA, Gilberto. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/cap3_arquitetura.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2017.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 18 out. 2017

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento:** sistema de informação geográfica. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

SANTOS, Enágio Fernandes; FERREIRA, Ricardo Vicente; FIRMINO, Glauber Verner; ALVES, Matheus Oliveira; SIQUEIRA, Hygor Evangelista. Avaliação da área de vegetação nativa afetada após um episódio de queimada no município de Água Comprida / MG com o uso de SIG. **Ambiência** (On-line), v. 12, n. 3, p. 813-819, 2016.

Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográficas

Convite ao estudo

Agora continuaremos nossos estudos sobre as geotecnologias, abordando, nesta unidade, o sensoriamento remoto com as seguintes seções: Introdução ao sensoriamento remoto; Obtenção e resolução de imagens; e Interpretação e classificação de imagens de sensoriamento remoto.

Inicialmente, veremos um breve histórico do sensoriamento remoto e seus principais conceitos, tipos de sensores e radiação eletromagnética. Outros assuntos que abordaremos são os sensores instalados em satélites, diferentes tipos de resolução, interpretação de imagens e os tipos de classificações das mesmas.

Para isso, imagine a seguinte situação: você foi designado, juntamente com uma equipe técnica, para atuar no município de Campo Mourão, no Estado do Paraná, em parceria com a prefeitura local. É importante frisar que o município está localizado em área de ecótono (ou seja, área de transição de biomas, ecossistemas, comunidades, formações florestais, entre outros) de floresta ombrófila mista para floresta estacional semidecidual, contendo enclaves de cerrado, ocasionando fragilidade ambiental, devido à competição e invasão entre as espécies dos mesmos. Aliado a isso, o município possui economia baseada na produção de soja e milho, sediando a maior cooperativa agroindustrial da América Latina e a terceira do mundo. Devido interesses econômicos, por vezes ocorre desmatamento de áreas nativas para o aumento das áreas de plantio, sendo um dos maiores problemas enfrentados pela prefeitura. Dessa forma, podemos analisar duas vertentes: uma priorizando a proteção ambiental, uma vez constatada

a fragilidade dos ecossistemas da região; e a outra buscando a expansão do agronegócio, uma vez que ocasiona geração de novos empregos e aumento na renda. Assim, como vocês, consultores ambientais contratados podem auxiliar no levantamento e monitoramento do avanço da agricultura na região? Além disso, quais técnicas de sensoriamento remoto podem auxiliar na produtividade agrícola local?

Nessa unidade iremos entender os fundamentos e aplicações do sensoriamento remoto, para que possa utilizá-lo da melhor maneira possível.

Seção 3.1

Introdução ao sensoriamento remoto

Diálogo aberto

Nesta seção estudaremos a história do sensoriamento remoto e os seus conceitos importantes. Também conheceremos os diferentes tipos de sensores remotos e o seu funcionamento, bem como a fotointerpretação das imagens provenientes dos mesmos, auxiliando no embasamento dessa ferramenta amplamente utilizada em estudos ambientais. Ainda, iremos conhecer os sensores orbitais, os diferentes tipos de resolução, a radiação eletromagnética e a interferência da atmosfera na mesma e como são realizadas as classificações supervisionadas e não supervisionadas.

Lembra-se que você foi contratado para auxiliar o prefeito do município de Campo Mourão, Paraná? Inicialmente, para realizar os trabalhos de monitoramento remoto do desmatamento ocasionado pela supressão de áreas de mata nativa no município, é necessário verificar quais os tipos de sensores podem ser utilizados para esse fim. Dessa forma, realize uma pesquisa com sua equipe e discutam sobre os tipos de sensores e como poderão ser utilizados no local. Reflitam sobre as seguintes questões norteadoras: por que a radiação eletromagnética pode ser utilizada em monitoramentos de desmatamento? Todos os sensores conseguem fornecer valores de radiação eletromagnética? As condições atmosféricas influenciam essa radiação?

Nesta seção abordaremos todos esses temas e vamos entender todos os conceitos relacionados ao sensoriamento remoto para que possamos responder essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Não pode faltar

Você já ouviu falar de imagens orbitais? Sabia que a Terra é imageada a milhares de quilômetros de distância?

Para iniciar nossos estudos, abordaremos um breve histórico do

sensoriamento remoto. Novo (2010), salienta que o sensoriamento pode ser dividido em dois momentos distintos: sendo 1860, baseado em fotografias aéreas; e 1960, com o surgimento dos sensores. Os primórdios iniciam-se com Gaspard Felix em 1856, quando realizou a primeira fotografia aérea, por meio de câmeras instaladas em um balão, com o objetivo de realizar levantamentos terrestre de tropas confederadas, no período da guerra civil americana. Porém, desconhecendo os princípios do sensoriamento remoto.

Em 1909 foram obtidas fotos áreas com câmeras de cinema instaladas em um aeroplano. Entretanto, foi no período da Primeira e Segunda Guerra Mundial que se utilizou amplamente técnicas de sensoriamento remoto para planejamento e estratégias de combate. Apesar da invenção do filme infravermelho, possibilitando detectar camuflagem inimigas, as fotografias eram obtidas em baixas e médias altitudes.

Podemos dizer que aplicações militares são responsáveis pelo surgimento de novas tecnologias e o sensoriamento remoto foi uma dessas consequências. Uma das primeiras aplicações militares foi a utilização de pombos equipados com câmeras fotográficas ajustadas para, durante o trajeto de voo, capturar fotos das posições inimigas.

Após o término da Segunda Guerra Mundial, com o início da corrida espacial e a Guerra Fria, surgiram sensores de alta resolução com o intuito de espionagem, além dos foguetes, possibilitando o lançamento de satélites na órbita terrestre. (Menezes et al, 2012).

O termo sensoriamento remoto surge no início da década de 1960, e foi nesse período que, por meio de satélites tripulados, foram tiradas as primeiras imagens orbitais, sendo nesse ano lançado o primeiro satélite da série TIROS (*Television Infrared Observation Satellite*).

Em 1972, os Estados Unidos colocam em órbita o satélite ERTS-1, posteriormente denominado Landsat 1, equipado com o sensor Multispectral Scanner System (MSS), com o intuito de obter dados periódicos sobre alvos terrestres. Posteriormente, vários satélites equipados com diferentes sensores foram lançados, como as séries Landsat (1 a 8), SPOT, CBERS, TERRA, NOAA, entre outros.

Apesar do grande investimento inicial, os satélites apresentam excelente custo-benefício, uma vez que, em órbita, consomem pouca energia, devido às grandes altitudes em que se localizam não ocasionarem resistência do ar e baixa força gravitacional.

No Brasil, as primeiras fotografias aéreas foram realizadas no ano de 1958, na região do Vale do Rio Paraíba, visando o aproveitamento hídrico local, culminando na construção do reservatório hidrelétrico de Paraibuna (Novo, 2012)

Posteriormente, surge no Brasil o Projeto Radam (Projeto Radar da Amazônia), que buscava mapear os recursos naturais na região da Amazônia, utilizando o sensoriamento remoto, uma vez que a extensão territorial e o custo dos métodos tradicionais inviabilizariam esse levantamento. Realizado na década de 1970 pelo Ministério de Minas e Energia, e devido aos bons resultados, o projeto foi expandido para todo o território nacional sendo renomeado para Radam Brasil.

Atualmente, além de receber imagens do Landsat, o Brasil possui, em órbita, os satélites CBERS 1 e 2, projeto realizado em parceria com a China.



Exemplificando

Satélites permanecem em órbita e por meio do movimento de rotação da Terra, realizam o mapeamento periódico da mesma região. O Landsat 7 e o Sentinel 2, por exemplo, possuem periodicidade de 16 dias e 5 dias, respectivamente.

Existem diversos conceitos referentes ao termo sensoriamento remoto, variando entre cada autor. Em geral, define sensoriamento remoto como a técnica que utiliza sensores para a detecção e registro da interação da energia refletida pela superfície terrestre, objeto ou alvo sem que haja o contato direto (Fitz, 2008; Rosa, 2001; Rosa 2004; Novo, 2010).

Para obter essas informações da radiação eletromagnética refletida, proveniente de regiões do espectro eletromagnético, sejam elas visíveis ou não, é necessária uma fonte de energia, podendo ser naturais como o Sol ou artificiais como emitida por radares (Rosa, 2004; Lillesand, Kiefer e Chipman, 2015; Centeio, 2003).

Segundo Rosa (2004) e Fitz (2008), o sensoriamento remoto pode ser dividido em duas etapas:

- Aquisição de dados, na qual são coletadas, por meio de sensores, informações da radiação eletromagnética, convertidas em dados

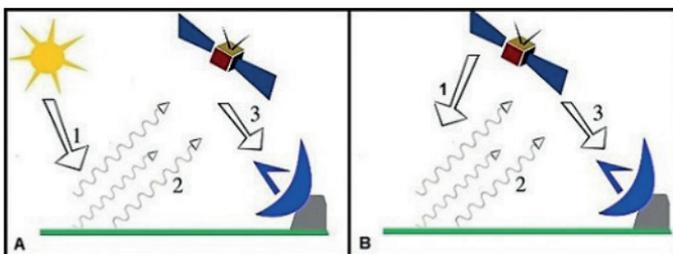
digitais (imagens, gráficos, dados numéricos, entre outros).

- Utilização dos dados, em que são destinadas aos mais diversos estudos, em várias áreas, como a geografia, engenharia, geologia, entre outros.

Porém, existem diferenças nas características dos sensores remotos. E, a partir dessas características, eles podem ser classificados em categorias. Segundo Rosa (2004), existem diferentes tipos de sensores remotos, que podem ser classificados segundo a fonte de radiação e resolução espacial. Quanto à fonte de radiação, temos sensores ativos e passivos, e quanto à resolução espacial, existem sensores imageadores e não imageadores.

Sensores ativos possuem fonte de energia própria, emitindo quantidade suficiente nos alvos para captar sua reflexão. Sensores ativos podem operar no período noturno. O radar e o flash de uma câmera fotográfica são exemplos de sensores ativos. Já os sensores passivos não possuem fonte própria de energia, utilizando fontes externas, como a energia emitida pelo sol, como, por exemplo, câmeras sem flash. Na Figura 3.1 podemos observar o princípio de funcionamento dos sensores passivos e ativos.

Figura 3.1 | Exemplo de sensor passivo utilizando o sol como fonte de energia (A) e sensor ativo, com fonte de energia própria (B).



Fonte: Adaptada de Own Work. Licenciado por CC-BY-SA-3.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Remote_Sensing_Illustration.jpg>. Acesso em 13 set. 2017

Sensores imageadores transformam os dados coletados do alvo em produtos similares a fotografias. Já os não imageadores fornecem informações sobre o alvo em gráficos, tabelas, entre outros dados digitais.



Os altímetros a laser são exemplos de sensores não imageadores de grande importância, utilizados para obtenção de medidas sobre a altura da superfície. Posteriormente, por meio de interpolação dos dados é possível obter uma imagem tridimensional do terreno.

Os sistemas imageadores ainda podem ser subdivididos em:

- Sistema de Quadros: são sensores de não varredura que utilizam a técnica *framing systems*, ou seja, registram os dados de radiação de uma área instantaneamente, sendo fotográfico (imagem) ou não fotográfico (gráficos ou dados numéricos).

- Sistema de Varredura: realizam a varredura sequencial da área ou objeto, sendo denominado *scanning systems*. A varredura pode ocorrer por espelho móvel de face plana, alocado em ângulo de , sendo a superfície varrida em linhas perpendiculares a trajetória do satélite ou por matriz de detectores dispostos em linhas, formando uma matriz em toda a faixa de imageamento.



Além do Sol e câmeras já citados, existem outros exemplos de sensores remotos? O scanner pode ser considerado um sensor remoto baseado nas suas características? E os radares de velocidade?

Por fim, podemos citar os sensores termais que são câmeras que registram dados espectrais do infravermelho termal, ou seja, conseguem capturar o calor emitido pelos alvos. Amplamente utilizado na agricultura, uma vez que a refletância na faixa do infravermelho possui valores elevados, devido às características fisiológicas dos vegetais. Dessa forma, é possível controlar alterações nas sementes, controle de irrigação, projeção de crescimento e maturidade dos indivíduos, entre outros, uma vez que esses fatores estão diretamente relacionados ao bem-estar das plantas.

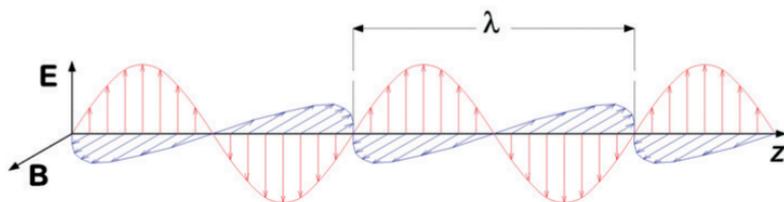
Mas como se dá o funcionamento da radiação eletromagnética em termos físicos? Ela pode variar? Existem diferentes comportamentos?

Primeiramente, é importante abordar conceitos físicos para entendermos os princípios da radiação eletromagnética e salientar que todos os materiais, naturais ou artificiais, com temperatura

superior a $-273,15^{\circ}\text{C}$ podem emitir, refletir, transmitir ou absorver seletivamente radiação eletromagnética.

As ondas elétricas e magnéticas compõem as eletromagnéticas que, por meio da energia, promovem um sistema ondulatório e corpuscular, ou seja, no formato de energia e ondas perpendiculares entre si e oscilando ortogonalmente em relação ao outro, como observado na Figura 3.2.

Figura 3.2 | Representação tridimensional das Ondas Eletromagnéticas.



Fonte: P.wormer. Licenciado por CC-BY-SA-3.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_wave.png>. Acesso em 14 set. 2017

Nessa representação das ondas eletromagnéticas, no eixo E temos a amplitude da força elétrica e no eixo B a amplitude da força magnética. Para cada ciclo completo, denomina-se comprimento de onda, medido em metros, representado pela letra λ (lambda) e no sentido do eixo z é representada a velocidade da onda. A frequência (f), medida em hertz, é definida pelo número de oscilações da onda, ou seja, quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência.



Exemplificando

A frequência e o comprimento de onda são inversamente proporcionais, sendo a relação entre comprimento de onda (λ), frequência (f) e velocidade de propagação da onda (v) é:

$$\lambda = v / f$$

Em relação à velocidade de propagação das ondas no vácuo, considera-se que a mesma é constante e igual à velocidade da luz (300.000 km/s). Com isso, é possível verificar as variações na frequência e comprimento de onda, uma vez que a velocidade é constante (Fitz, 2008).

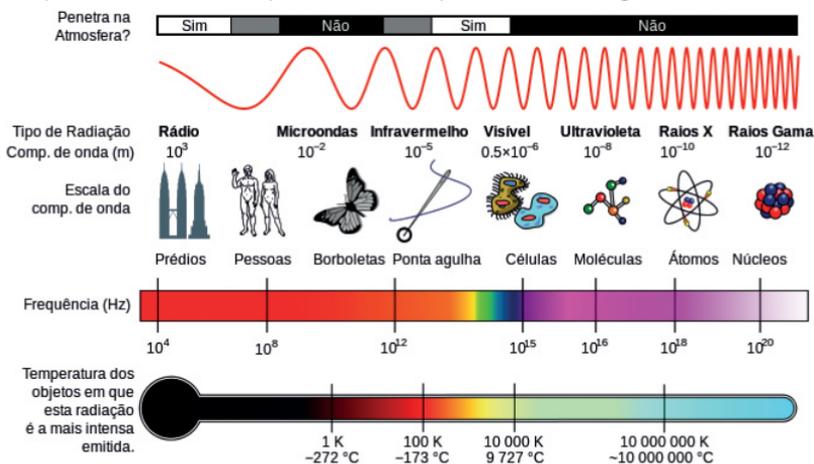
Como vimos anteriormente, os sensores atuam por meio da reflexão da radiação emitida nos alvos, sendo essa de fontes naturais

ou não. Porém, como ocorre esse processo de radiação e reflexão? A radiação e a reflexão ocorrem por meio das ondas eletromagnéticas, dentro de uma região do espectro eletromagnético.

O espectro eletromagnético consiste nas regiões espectrais da radiação eletromagnética conhecida que, devido à sua amplitude, quando não descritos como potências, por vezes o comprimento de onda é representado em micrometros ou nanômetros (μm e nm) e as frequências em megahertz ou gigahertz (MHz e GHz).

As técnicas de sensoriamento remoto permitem obter imagens da superfície terrestre ou alvos nas várias regiões do espectro eletromagnético (Jensen, 2002), conforme a Figura 3.3.

Figura 3.3 | Representação dos tipos de radiação, comprimentos de onda, frequência, cores e temperaturas do espectro eletromagnético.



Fonte: Villate. Versão original em inglês por Inductiveload. Licenciado por Inductiveload, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_Spectrum_Properties_pt.svg>. Acesso em 13 set. 2017

A radiação eletromagnética possui espectro contínuo, sendo dividida em intervalos com base no comportamento e comprimento das ondas, facilitando os estudos. Segundo Meneses et al. (2012), a nomenclatura dos intervalos é baseada nas aplicações e é importante no sensoriamento remoto, uma vez que os sensores atuam em determinados intervalos específicos.

A região de comprimento de onda ou frequência representada no intervalo do espectro eletromagnético é comumente chamado de banda, canal ou região (CAMPBELL; WYNNE, 2011; JENSEN, 2000). As principais faixas, de acordo com Fitz (2008), são:

- Ondas de rádio e TV: comprimento de ondas variáveis, com frequências variando entre 30 e 300 MHz.
- Microondas: utilizadas em sensores do tipo radar, com frequências entre 3 e 300 GHz.
- Infravermelho: faixa de emissão de calor, muito utilizada no sensoriamento remoto, possui comprimento de onda entre 0,7 μm e 1 mm, subdividida em: infravermelho próximo (0,7 a 5 μm), médio (5 a 30 μm) e distante (30 μm a 1,0 mm). O infravermelho denominado termal encontra-se entre 8 e 14 μm , caracterizado pelas máximas emissões de calor de um corpo.
- Faixa do visível: Pequena região do espectro eletromagnético é visível a olho nu na forma de cores, com as seguintes subdivisões: violeta (0,380 a 0,440 μm), azul (0,440 a 0,485 μm), ciano (0,485 a 0,500 μm), verde (0,500 a 0,565 μm), amarelo (0,565 a 0,590 μm), laranja (0,590 a 0,625 μm) e vermelho (0,625 a 0,740 μm). Foi por meio dos princípios dos experimentos realizados por Isaac Newton que se descobriu que as cores possuem comprimento de ondas que permitem que nossos olhos atuem como sensores, captando-as, processando e transmitindo ao cérebro.
- Faixa ultravioleta: essencial para a vida na Terra, situa-se entre 100 e 400 nm.
- Raio X: muito utilizado nas áreas da saúde, possui comprimento de onda de 0,05 a 0,01nm.
- Raios Gama: de grande frequência e comprimento de onda curto de aproximadamente 0,01 Å .
- Raios cósmicos: menor comprimento de onda do espectro conhecido.



Pesquise mais

Em 1672, Isaac Newton foi o precursor das ondas eletromagnéticas ao constatar que um raio luminoso (luz branca), ao atravessar um prisma, desdobrava-se em um espectro de cores. Para saber mais, leia a tradução comentada do artigo originalmente publicado por Newton em <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v18a33.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2017.

Veja também o vídeo que mostra a aplicação da dispersão da luz branca em um prisma <<https://www.youtube.com/watch?v=d8v4aMf2UYE>>. Acesso em: 14 set. 2017.

Um exemplo desse fenômeno é o aparecimento do arco-íris no céu, em um dia chuvoso, originado da dispersão da luz pelas gotas de água (Meneses et al., 2012).

Além disso, o alvo faz-se importante, uma vez que seu comportamento espectral é definido como a medida de refletância do mesmo ao longo do espectro eletromagnético e isso possibilita distinguir e identificar os diferentes alvos.

O solo possui baixa variação de energia refletida nos comprimentos de onda e a água limpa tem baixa refletância na região do visível e menos ainda na região do infravermelho (MOREIRA, 2012).

Como vimos, a radiação eletromagnética interage com os alvos na superfície terrestre por meio da radiação emitida, absorvida ou espalhada. Mas o que acontece durante o precursor entre a fonte emissora e o objeto? Existem interferências nesse processo?

Toda radiação emitida na superfície terrestre é absorvida, refletida ou transmitida, após atravessar a atmosfera. Nem todas as faixas do espectro eletromagnético sofrem interferência atmosférica, porém as bandas entre o ultravioleta e o infravermelho termal apresentam perdas, que variam de acordo com o comprimento emitido (Fitz, 2008).

Isso ocorre pela interação das moléculas dos elementos gasosos, vapor d'água e material particulado presentes na atmosfera, ocasionando alterações na trajetória da radiação (processo físico), fluxo ou sua absorção (processo químico) (Meneses et al.; 2012; Moreira, 2012; Fitz, 2008). Essa interferência pode acontecer na emissão da radiação até o alvo, na reflexão do mesmo até a captura pelo sensor ou em ambos momentos. Segundo Meneses et al. (2012), 47% da radiação emitida na superfície terrestre é absorvida, 37% é refletida por nuvens e pela atmosfera, e 17% é absorvida pela mesma.

Ainda, pelas características das ondas, pode ocorrer o espalhamento da radiação emitida ou refletida pelas partículas existentes em sua trajetória. Um exemplo dessa interferência são as nuvens, e quanto maior seu volume, maior o efeito, devido à presença de gases e partículas de água. Outros fatores ou materiais particulados que podem ocasionar o espalhamento são a fumaça, poeira, neblina, entre outros, sendo que a direção desse fenômeno está diretamente relacionada ao seu diâmetro (Florenzano, 2002).

Segundo Morais (2012), o espalhamento pode ocorrer de formas diferentes, devido ao tamanho das partículas, sendo:

- Molecular: a relação entre o diâmetro da partícula e o comprimento de onda é menor que 1, sendo ocasionado pela presença de gases na atmosfera. A cor azul do céu é um exemplo disso, pois apesar da luz violeta ser mais dispersada, o sol emite maior quantidade de luz azul. Dessa forma, quando o sol começa a se pôr e sua intensidade diminui, podemos ver o céu em tons avermelhados e violetas.
- Mie: ocorre quando os diâmetros entre as partículas da atmosfera e os comprimentos são iguais ou próximos.
- Não seletivo: quando o espalhamento ocorre independentemente do tamanho das partículas envolvidas, porém, geralmente ocorre quando as partículas têm diâmetro muito superior ao comprimento das radiações emitidas. A aparência branca das nuvens é um exemplo desse fenômeno.

Outro fenômeno que influencia a radiação eletromagnética é a absorção atmosférica, considerada o efeito mais prejudicial ao sensoriamento remoto. Esse processo pode ocorrer por dissociação e fotoionização na alta atmosfera ou vibração e transição rotacional das moléculas (Moreira, 2012). As principais moléculas que atuam na absorção são o ozônio, oxigênio, vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, entre outros.

Por fim, os intervalos de comprimentos de onda nas quais ocorrem a absorção ou espalhamento são chamados de bandas de absorção em decorrência do processo físico ou químico ocasionada na radiação eletromagnética. As demais regiões em que não ocorre a absorção total ou intensa são chamadas de janelas atmosféricas, possibilitando a utilização dos sensores orbitais.

Sem medo de errar

Nesta seção vimos um breve histórico do sensoriamento remoto, bem como conceitos, tipos de sensores remotos, radiação eletromagnética e as influências atmosféricas sobre ela. Agora que estudamos esses conceitos, vamos retornar o trabalho na consultoria.

Sua função é auxiliar o prefeito do município de Campo Mourão, no Paraná, na realização de trabalhos de monitoramento remoto do desmatamento ocasionado pela supressão de áreas de mata nativa no município. Para isso, torna-se necessário verificar quais os tipos de sensores podem ser utilizados para esse fim. Assim, você deverá realizar uma pesquisa com sua equipe e discutir sobre os tipos de sensores e como poderão ser utilizados no local, respondendo às seguintes questões norteadoras: por que a radiação eletromagnética pode ser utilizada em monitoramentos de desmatamento? Quais os tipos de sensores remotos são indicados para esses levantamentos? Todos os sensores conseguem fornecer valores de radiação eletromagnética? Quais características devem ser observadas na escolha do sensor utilizado? As condições atmosféricas influenciam essa radiação?

Como vimos nesta seção, o sensoriamento permite a obtenção de imagens e dados sem que haja necessidade de contato com o objeto, alvo ou área de interesse. Dessa forma, é possível utilizar sensores orbitais em diversos monitoramentos no município, devido à disponibilidade gratuita das áreas imageadas, bem como a periodicidade, permitindo acompanhar a evolução da ocupação do espaço geográfico (desmatamento, por exemplo), auxiliando na gestão do município de Campo Mourão. Uma opção é a utilização da série Landsat e Sentinel, que, além de fornecerem imageamento gratuito, possuem periodicidade de 16 e 5 dias, respectivamente.

Sensores orbitais utilizam a radiação eletromagnética para capturar dados que, por meio do comprimento de ondas dentro do espectro magnético, são processados e convertidos em imagens. Essa conversão consiste em qualificar o valor emitido na radiação, associando o mesmo a aspectos reais do local, como a vegetação, solo exposto, corpos hídricos, construções, entre outros.

Como vimos, os comprimentos de onda são elencados arbitrariamente baseado nas suas aplicações e os sensores atuam

em uma ou mais bandas (comprimentos), interagindo com intervalos predeterminados do espectro eletromagnético. Em vista do desmatamento progressivo das matas nativas no local, além do monitoramento por meio do aumento ou diminuição das áreas, uma vez que na faixa do infravermelho, devido às propriedades bioquímicas das espécies vegetais ocorre alta interação com a radiação, pode-se utiliza-la nesse processo.

No monitoramento citado anteriormente, é necessário que os sensores utilizados consigam registrar comprimentos de onda no intervalo de 0,7 μm e 1,0mm, ou seja, na faixa do infravermelho. Existem diversos sensores com diferentes características e faixa de espectro, sendo que para cada estudo é necessário atentar-se ao objetivo visado e as limitações do aparato. Por exemplo, sensores meteorológicos (geoestacionários), via de regra, não podem ser utilizados para monitoramento de fenômenos relacionados ao desmatamento pois seus dados não possibilitam a conversão em imagens, além de fornecerem dados de uma área limitada (coletam dados do mesmo local).

Por fim, é importante ressaltar que, devido às características da radiação eletromagnética e das moléculas e partículas presentes na atmosfera, ocorrem interações entre elas. Essa interação está associada à absorção ou espalhamento da radiação incidente, não sendo registrada pelo sensor em determinadas faixas de comprimento. Vale ressaltar que nem todos os tipos de radiação sofrem interferência atmosférica, porém, bandas de interesse do sensoriamento remoto estão sujeitas a esse fenômeno.

Avançando na prática

Monitoramento em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)

Descrição da situação-problema

A prefeitura recebeu a denúncia de supressão de vegetação no interior de uma área de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Define-se RPPN como unidade de conservação particular criada em área privada, por ato voluntário do proprietário, em caráter perpétuo, instituída pelo poder público. Entre os benefícios para os

proprietários estão a isenção de impostos, facilidade na obtenção de crédito rural, entre outros.

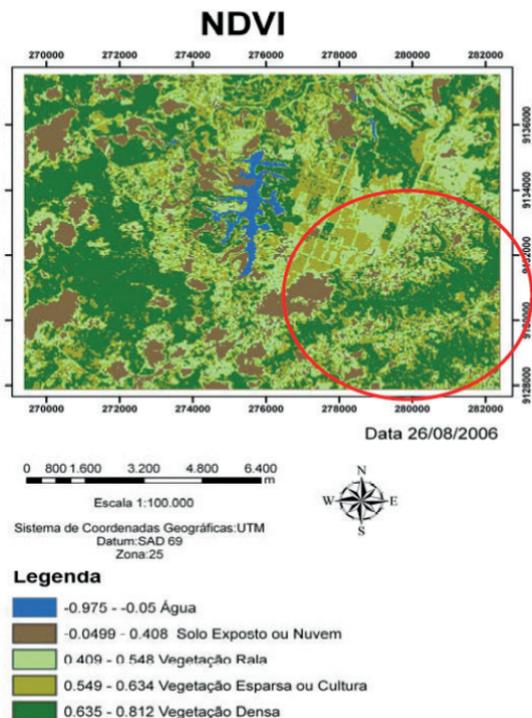
Dessa forma, como podemos realizar o monitoramento do local? É possível usar as bandas do infravermelho para esse estudo?

Resolução da situação-problema

Primeiramente vamos relembrar um conceito importante desta seção. Segundo Moreira (2012), o solo possui baixa variação de energia refletida nos comprimentos de onda e a água limpa tem baixa refletância na região do visível e menos ainda na região do infravermelho.

Com isso, devido à alta interação das espécies vegetais na faixa do infravermelho é possível utilizá-lo para verificar áreas desprovidas de vegetação, ou seja, locais de supressão.

Figura 3.4 | Exemplo da utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) destacando área da Barragem do Botafogo e o seu entorno.



Fonte: SANTIAGO et al. (2009).

Ainda, como a interação com o solo é baixa na região do infravermelho, áreas descobertas apareceram em destaque, inferindo possíveis irregularidades e danos a reserva.

Faça valer a pena

1. O sensoriamento remoto pode ser dividido em dois momentos, sendo 1860, baseado em fotografias aéreas, e 1960, com o surgimento dos sensores. Gaspard Felix, em 1856 foi o precursor, quando realizou a primeira fotografia aérea, por meio de câmeras instaladas em um balão, apesar de desconhecer os princípios do sensoriamento remoto.

Em relação aos princípios do sensoriamento remoto, analise as alternativas e assinale a correta.

- a) É a técnica que utiliza sensores para a detecção e registro da interação da energia refletida pela superfície terrestre sem que haja o contato direto.
- b) É o processamento de imagens orbitais por meio do geoprocessamento, utilizando técnicas de SIG.
- c) É a técnica que utiliza sensores passivos apenas para registro da energia proveniente da radiação ultravioleta refletida pela vegetação.
- d) Consiste na utilização de sensores orbitais para monitoramentos, os quais utilizam exclusivamente micro-ondas e fonte de energia própria.
- e) O sensoriamento remoto é a técnica de instalação de sensores fotográficos, ou seja, registram exclusivamente fotos do ambiente.

2. Atualmente, existem diferentes tipos de sensores que podem ser classificados segundo a fonte de radiação e resolução espacial, de acordo com suas características. Assim, analise as seguintes informações:

I – Sensores ativos utilizam a radiação solar refletida dos alvos.

II - Sensores passivos utilizam a radiação solar refletida dos alvos.

III - Sensores não imageadores fornecem informações do alvo em produtos similares a fotografias.

IV – O sensores imageadores apenas registram dados da radiação de uma área instantaneamente.

Em relação aos tipos de produtos cartográficos, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a I e II estão corretas.
- b) Somente a III e a IV estão corretas.
- c) Somente a I está correta.
- d) Somente a II está correta.
- e) Somente a III está correta.

3. A radiação eletromagnética (REM) é formada por ondas elétricas e magnéticas que promovem um sistema ondulatório e corpuscular, perpendiculares entre si e oscilando ortogonalmente em relação ao outro. Ela é o princípio físico utilizado pelos sensores remotos e possui diferentes comprimentos, delimitados dentro do espectro eletromagnético.

Em relação ao espectro eletromagnético, responda a alternativa correta.

- a) O espectro eletromagnético é a região eletromagnética visível a olho nu.
- b) O espectro eletromagnético possui comprimento limitado pela frequência máxima de 1 GHz.
- c) Todo o espectro eletromagnético conhecido foi arbitrariamente dividido em duas partes, sendo a região visível e não visível, sem variação no comprimento de onda e pequena oscilação na frequência.
- d) No espectro eletromagnético, a frequência e o comprimento de onda são proporcionais.
- e) O espectro eletromagnético consiste nas regiões espectrais da radiação eletromagnética conhecidas, sendo dividida em intervalos com base no comportamento e comprimento das ondas.

Seção 3.2

Obtenção e resolução de imagens

Diálogo aberto

Na seção anterior vimos os primórdios do sensoriamento remoto, realizando um breve histórico do surgimento do conceito e suas aplicações. Estudamos a classificação dos sensores, seu princípio de funcionamento por meio da radiação eletromagnética e a interferência da atmosfera na propagação das ondas.

O sensoriamento pode ser utilizado como uma ferramenta versátil em estudos com a temática espacial, devido à evolução dos sensores. Assim, quais são os sensores instalados em satélites? Existem diferenças de resoluções entre eles? Quais as vantagens e desvantagens de cada um?

Recordando o seu trabalho na consultoria, o município de Campo Mourão lhe apresentou levantamentos aéreos realizados em todo seu perímetro. Dessa forma, o prefeito questionou a possibilidade de utilizar essas imagens na elaboração de mapas temáticos do uso e ocupação do solo e crescimento da cidade, afim de comparar com o plano diretor. Assim, discuta com sua equipe quais as vantagens e desvantagens na utilização dessas imagens. Afinal, qual a diferença entre as resoluções? Como definir a mais adequada?

Caso seja necessário recordar os conceitos de mapas temáticos, releia a seção 1.3, na qual estudamos sua concepção.

Nesta seção, abordaremos os conceitos referentes a levantamento aéreos, bem como os sensores orbitais instalados em satélites e os diferentes tipos de. Dessa forma, você conseguirá responder aos questionamentos propostos.

Não pode faltar

Você já se perguntou como são realizadas as fotografias aéreas? Existem procedimentos estabelecidos para auxiliar nesse processo? Vamos conhecer juntos essa tecnologia.

Na seção anterior, estudamos a relação de influência da atmosfera

na radiação eletromagnética pela absorção ou espalhamento das ondas emitidas e refletidas pelo sol ou outra fonte de energia.

Porém, será que ocorre variação da interferência atmosférica nas ondas eletromagnéticas, sabendo que ela é dividida em camadas de acordo com a concentração de ozônio e temperatura?

É importante ressaltar que, quanto maior a concentração de moléculas e partículas na atmosfera, maior será os processos de influência citados anteriormente. Assim, fatores como a localização do alvo na superfície terrestre e a distância do sensor são cruciais na obtenção de dados por meio do sensoriamento remoto.



Pesquise mais

A atmosfera é dividida em camadas, de acordo com a composição, altitude e temperatura. Para saber mais, acesse o vídeo: *Aula 1 – Camadas Atmosféricas. Projeto Meteorologia*. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=TRhHR7nLE2g>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Levantamentos aéreos fornecem imagens ou fotografias por meio de sensores instalados em aeronaves, como observado na Figura 3.5, com altitude delimitada em função do objetivo do estudo, características do avião e da câmera instalada. Atualmente, diversos levantamentos aéreos têm sido realizados por drones ou Vants (Veículos Aéreos Não Tripulados). Ainda, produtos provenientes de sensores instalados em satélites artificiais também são considerados como levantamentos aéreos.

Figura 3.5 | Sensor (câmera) instalada no exterior de um Cessna 172 (aeronave monomotor), para realizar levantamentos aéreos.



Fonte: Chrismewse. Licenciado por CC-BY-SA-4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerial_Survey_in_Action.jpg>. Acesso em 16 set. 2017

Produtos provenientes de sensores instalados em aeronaves, drones ou Vants podem ser fotografias convencionais, digitais ou imagens de radar, conforme as características do aparato utilizado. Já levantamentos por satélites fornecem imagens de radar ou digitais por meio de bandas específicas do espectro eletromagnético. Em ambos os casos, obtém-se produtos ortorretificados, ou seja, estabelecidos dentro de uma projeção ortográfica.

Segundo Fitz (2008), levantamentos aerofotogramétricos são realizados por meio das seguintes etapas:

- planejamento e execução do voo (priorizando as condições meteorológicas);
- reprodução das imagens obtidas (convencionais ou digitais);
- instalação e verificação dos pontos de controle terrestre;
- fototriangulação, ou triangulação aérea;
- restituição fotogramétrica para confecção dos produtos levantados;
- estereocompilação (compilação da altimetria e planimetria);
- reambulação para verificação de possíveis características não levantadas ou interpretadas erroneamente;
- elaboração final do produto (mapa final).

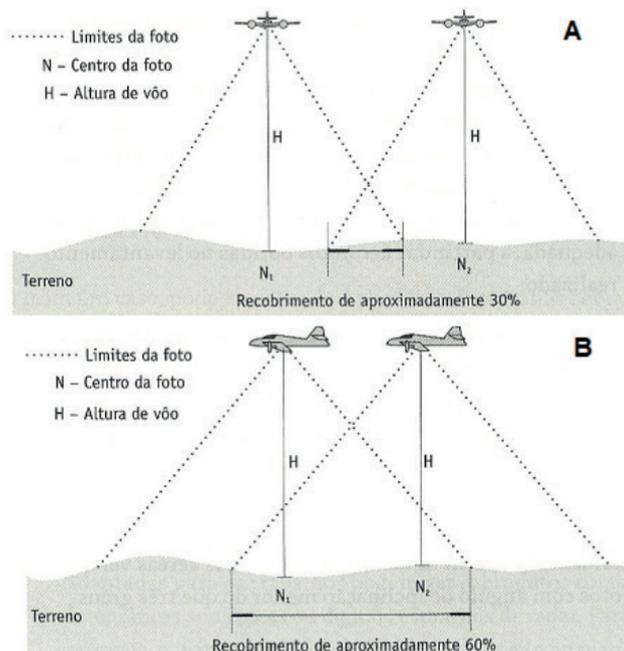


Exemplificando

O processo de reambulação consiste em levantamentos em campo para verificar e validar as denominações dos acidentes naturais e artificiais que complementarão as cartas a serem impressas, variando a intensidade de acordo com a escala e finalidade do mapa final.

Na seção anterior, abordamos o projeto Radam (Radar na Amazônia). Ele foi realizado por meio de aerolevantamentos datados em julho de 1971. Em relação a levantamentos aerofotogramétricos, o plano de voo, delimitado por meio da direção das linhas percorridas pela aeronave é elaborado para que ocorra superposição das áreas de interesse, com valores estabelecidos de 60% de recobrimento longitudinal (*overlap*) e 30% de lateral (*sidelap*) ou entre faixas, para garantir o recobrimento total da região (Rosa, 2007), como vemos na Figura 3.6.

Figura 3.6 | Recobrimento lateral (A) e longitudinal (B) realizado em levantamentos aerofotogramétricos.



Fonte: Adaptado de Fitz (2008), p.110.

O recobrimento é realizado nos valores indicados porque são as áreas que a percepção estereoscópica recobre. Segundo Rosa (2007), para aplicar a estereoscopia integral de uma foto aérea é necessária a obtenção de três levantamentos sequentemente numeradas.

A estereoscopia é definida como o processo fotográfico e posterior projeção que dão à imagem plana a impressão de relevo, permitindo a elaboração de produtos hipsométricos e da planimetria.



Exemplificando

O imageamento da superfície terrestre ocorre por meio de sensores instalados em diversos satélites que orbitam o planeta (Figura 3.7). Esse conjunto de satélites também é denominado constelação.

Figura 3.7 | Exemplos de satélites presente na órbita terrestre.



Fonte: Nasa, 2013. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=81559>>. Acesso em: 22 set. 2017.

Como dito anteriormente, pode-se obter imagens utilizando sistemas de radar que atuam por meio de micro-ondas, devido à menor interferência atmosférica nessa faixa. Dessa forma, é possível registrar imagens com resoluções espaciais diversas, e verificar aspectos geológicos, geomorfológicos ou dados de umidade do solo, entre outras aplicações.



Refleta

Como já vimos nas seções anteriores, a faixa do espectro eletromagnético no qual encontram-se as micro-ondas sofre menor interferência atmosférica. Dessa forma, você sabe quais as vantagens desse sistema? Sistemas de radar são considerados ativos ou passivos? E por que essa menor interferência é benéfica? Reflita sobre esses questionamentos.

Na seção anterior, abordamos um breve histórico do sensoriamento remoto e vimos que em 1960 foram tiradas as primeiras imagens orbitais, bem como o lançamento do satélite ERTS-1 (Landsat 1), equipado com o sensor MSS.

Existem diversos sensores instalados em satélites, devido a características como:

- não necessita de combustível;

- não necessita de tripulação;
- fornece dados durante toda a sua vida útil (em média, 15 a 20 anos);
- permite monitoramento periódico de áreas, denominado resolução temporal que será melhor abordado no decorrer dessa seção.
- imageamento ocorre em função do tipo de satélite no qual o sensor está localizado, sendo classificado em orbitais, realizando imagens periódicas do mesmo local, com as seguintes premissas (FITZ, 2008):
- realiza órbita circular, obtendo imagens com mesma resolução e escala.
- permite a observação periódica dos pontos de observação.
- possui órbita heliosíncrona (que acompanha a rotação do sol).

Ainda, os satélites podem ser geoestacionários, quando estão sempre na mesma posição em relação a um ponto da superfície terrestre. Dessa forma, esse tipo de satélite realizará sempre o mapeamento do mesmo local da superfície terrestre, uma vez que sua rotação ocorre igualmente à da Terra quando em altitudes com ausência de forças centrífuga e centrípeta.

Quadro 3.1 | Classificação e exemplo de alguns satélites e os seus sensores.

Classificação	Satélite	Sensor
Orbitais	Landsat 5	Tematic Mapper (TM)
Orbitais	Landsat 7	Enhanced Tematic Mapper (ETM)
Orbitais	SPOT	High Resolution Visible and Infra-Red (HRVIR)
Orbitais	NOAA	Advancing Very High Resolution Radiometer (AVHRR).
Orbitais	CBERS 2B	High Resolution Camera (HRC)
Orbitais	IKONOS	Advanced Land Imager (ALI)
Geoestacionários	GOES 16	Advanced Baseline Imager (ABI)
Geoestacionários	GOES R	Geostationary Lightning Mapper (GLM)
Geoestacionários	METEOSAT	Spinning Enhanced Visible and Infrared Image (SEVIRI)

Fonte: elaborado pelo autor.

Em geral, satélites geoestacionários são utilizados para obtenção de dados de variação meteorológica, permitindo realizar previsões do clima de determinada região, em consequência de suas características.



Assimile

Erroneamente utiliza-se o termo “imagens de satélite”. É importante frisar que o satélite consiste apenas no aparato no qual o sensor está instalado, sendo que ele não produz imagens. O termo correto seria imagens orbitais, proveniente de sensores orbitais instalados em satélites.

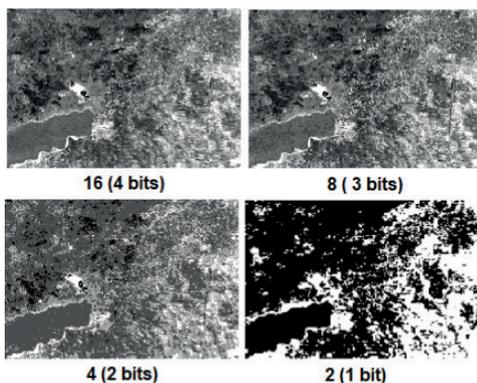
Independentemente da classificação dos satélites em orbitais ou geoestacionários, é importante conhecermos, além de seus aspectos, as características relacionadas aos sensores presentes nos mesmos. São as chamadas resoluções, e são divididas em espacial, radiométrica, espectral e temporal.

A resolução espacial é a capacidade do sensor em definir objetos em função do seu tamanho. Ou seja, quanto menor a resolução espacial, maior o nível de detalhes da imagem. Por exemplo, sensores com resolução espacial de 30 metros, como o Landsat 7 (ETM), conseguem distinguir objetos maiores que 30m x 30m (900 m²) (Florenzano, 2011).

Essa resolução está diretamente relacionada ao ângulo da projeção, sendo denominada campo de visada (*field of view*) e campo de visada instantânea (*instantaneous field of view*) dos sensores, reproduzindo pela área do terreno que é representada por cada pixel na imagem (Novo, 2010; Moreira, 2012; Fitz, 2008).

A resolução radiométrica (Figura 3.8) consiste na sensibilidade do sensor em discriminar intensidade de energia refletida, emitida ou retroespalhada por objetos e associá-las a níveis de cinza (Florenzano, 2011, Novo, 2010). Um sensor com resolução radiométrica de 256, como, por exemplo, o Landsat 5 (TM), representará objetos em preto e branco, além de outros 254 tons de cinza, em consequência das variações de energia (Florenzano, 2011).

Figura 3.8 | Comparação entre as resoluções radiométricas.



Fonte: Arbeck. Licenciado por CC-BY-3.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Decreasing_radiometric_resolution_from_L7_15m_panchromatic.svg?uselang=pt>. Acesso em 16 set. 2017



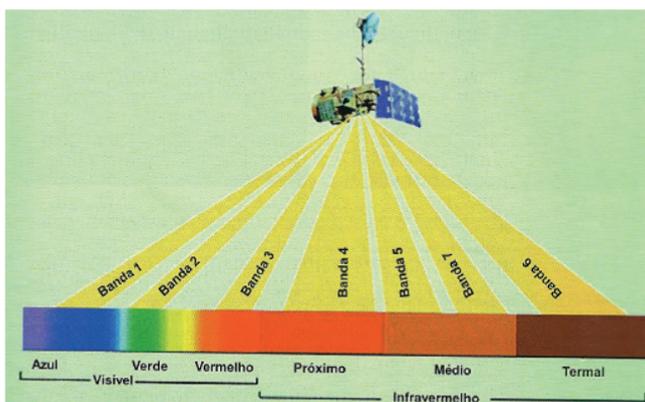
Exemplificando

A resolução radiométrica é representada na forma de valores binários (bits), expresso em potências, sendo 1 bit igual a 2^1 , representando dois tons de cinza e 8 bits igual a 2^8 , caracterizando 256 tonalidades.

A resolução espectral é a capacidade do sensor em discriminar objetos por meio da sua sensibilidade dentro do espectro eletromagnético, já que os alvos possuem diferentes comportamentos espectrais (Moreira, 2012). Dessa forma, quanto mais estreita a faixa espectral de captação do sensor, maior será o registro de dados referentes a variação de energia refletida pelo objeto. Um sensor com menor faixa espectral de atuação possuirá maior resolução, registrando pequenas variações no comportamento em regiões mais estreitas do espectro eletromagnético (Florenzano, 2011; Novo, 2010).

Os sensores multiespectrais atuam em várias faixas do espectro eletromagnético, denominadas bandas, que podem variar de comprimento e ordem de acordo com o sensor. Na Figura 3.9 vemos as variações de comprimento e as bandas de atuação do sensor TM do Landsat 5.

Figura 3.9 | Faixas de atuação do sensor TM do Landsat 5.



Fonte: Adaptado de Moreira (2012), p.153.



Assimile

Apesar de relacionadas, não devemos confundir a resolução espectral e radiométrica, uma vez que a primeira condiz com a faixa do espectro registrada pelo sensor e a segunda com os níveis de cinza aplicados na mesma.

A resolução temporal é a frequência de imageamento de uma mesma área, ou seja, o tempo que o sensor obtém imagens do mesmo local. O Landsat 5TM possui resolução temporal de 16 dias, diferente do Landsat 3 (MSS) que possui frequência de 18 dias, e o Cbers 2 (HRC), de 26 dias. Já o sensor instalado no satélite Goes captura cenas do mesmo local a cada 30 minutos, uma vez que é geocêntrico (Florenzano, 2011, Fitz, 2008).

Além disso, segundo Fitz (2008), no âmbito do processamento de imagens provenientes de sensores remotos, podemos considerar a resolução digital, que é dada pela quantidade de pixels ou DPIs (*dots per inch*, ou pontos por polegadas) na imagem digital e posterior digitalização, confecção e impressão do produto final.

É importante ressaltar que os sensores geralmente possuem várias bandas espectrais no visível e no infravermelho, auxiliando a interpretação por meio da combinação das mesmas.

As resoluções de imagens podem variar de várias formas, seja pelo tipo ou. Em relação aos tipos, vimos anteriormente suas divisões

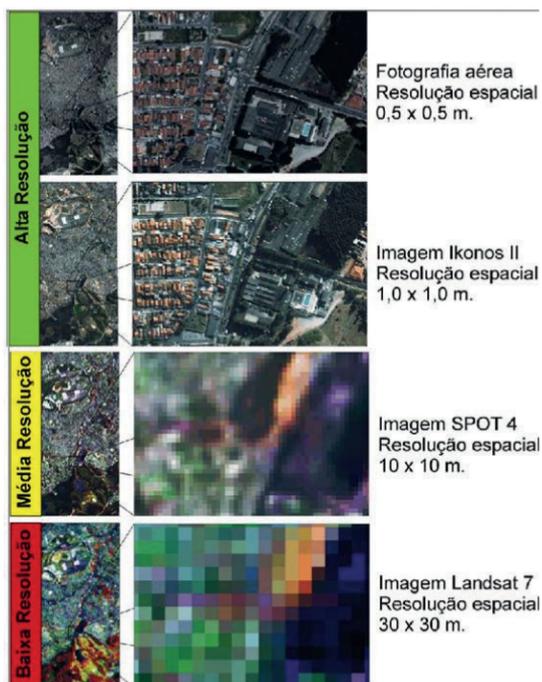
e as características de cada uma. O nível de resolução remete à diferença entre os sensores utilizados, ocasionando variações, seja pela altitude ou tecnologia empregada, que podem ocasionar grandes diferenças entre eles.

Um exemplo referente à resolução espectral, segundo Meneses et al. (2012), são as fotos de levantamentos aéreos que, devido à ampla largura da faixa espectral dos filmes do visível faz com que os sensores fotográficos sejam classificados como de baixa resolução espectral e alta resolução espacial. Os produtos provenientes registram a radiação eletromagnética no intervalo de comprimentos de onda do visível.

Já sensores multiespectrais registram imagens simultâneas em vários comprimentos de onda, permitindo análises superiores à resolução espacial.

Sobre a resolução espacial, na Figura 3.10 podemos observar as diferentes resoluções espaciais de diferentes sensores orbitais.

Figura 3.10 | Imagens de diferentes sensores e resoluções espaciais para discriminar áreas urbanas: região Leste da cidade de São Paulo.



Fonte: Mello (2002, p. 31).

E qual é a melhor resolução? Essa questão sempre será relativa ao objetivo do estudo realizado, uma vez que imagens de alta resolução espacial geralmente apresentam custos elevados de aquisição, diferentemente, por exemplo, das imagens do Landsat, disponibilizadas gratuitamente.

Dessa forma, se o estudo não necessitar de grande detalhamento dos objetos, imagens gratuitas poderão atender seus objetivos.

Sem medo de errar

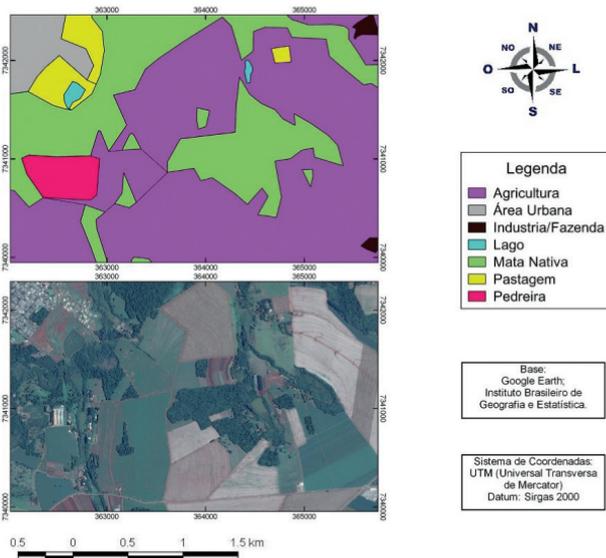
Nessa seção vimos como são realizados os levantamentos aerofotogramétricos por meio de sensores instalados em aeronaves, drones e Vants, bem como estudamos os sensores orbitais (instalados em satélites artificiais) e os diferentes tipos de resoluções que influenciam nas características do produto final. Agora que estudamos esses conceitos, vamos retornar ao trabalho na consultoria?

Você foi contratado para auxiliar a gestão do município de Campo Mourão, no Paraná, e o prefeito lhe informou que o local possui imagens de levantamentos aéreos realizados em todo seu perímetro, sendo área urbana ou não. Dessa forma, o prefeito questionou a possibilidade de utilizar essas imagens na elaboração de mapas temáticos do uso e ocupação do solo e crescimento da cidade, afim de comparar com o plano diretor. Surgem as seguintes questões: quais as vantagens e desvantagens na utilização dessas imagens? Existem diferentes tipos de resolução? Uma mesma resolução pode variar de acordo com o sensor? Como definir a mais adequada?

Como vimos nas seções anteriores, imageamento por sensoriamento remoto permite a elaboração de produtos cartográficos com temas específicos, denominados mapas temáticos. Dessa forma, os levantamentos aéreos podem ser utilizados para elaboração de mapas de uso e ocupação do solo (Figura 3.11), bem como analisar a expansão urbana do município, por meio da comparação de imagens de diferentes períodos.

Figura 3.11 | Exemplo de uso do solo em área do município de Campo Mourão, PR.

Exemplo de Uso do Solo em Área do Município de Campo Mourão - PR



Fonte: Autor, 2017

No exemplo acima, podemos observar a classificação do uso do solo de uma região do município de Campo Mourão. O produto gerado consiste em um mapa temático, no qual podemos identificar os diferentes usos do local.

Em relação ao plano diretor, o mesmo consiste em um documento que expressa as áreas do município e suas possíveis aplicações, como instalação de indústrias, loteamentos, áreas verdes, áreas de preservação, entre outros.

A elaboração dos mapas, assim como o do exemplo citado, permitirá analisar se o plano diretor está sendo cumprido, permitindo elaborar ajustes e ações necessárias em prol do desenvolvimento local.

Lembra-se dos diferentes tipos de resoluções? A vantagem da utilização dos levantamentos aerofotogramétricos dá-se pelo fato da resolução espacial alta, permitindo visualizar objetos de menor área, em comparação com imagens de sensores orbitais.

Porém, a resolução espacial varia da tecnologia de cada sensor, uma vez que se o levantamento foi realizado com sensores de baixa

resolução (devido a limitações tecnológicas do período), pode não haver diferença significativa em relação a imageamento orbitais.

Outro ponto importante que deve ser considerado é o fato do imageamento por sensores orbitais atuar em várias bandas do espectro eletromagnético, na região do não visível. Essa faixa auxilia no processo de identificação de vegetação, uma vez que interagem eficientemente com a radiação eletromagnética.

Afinal, qual é a mais adequada? Essa questão sempre será relativa ao objetivo que se busca alcançar, variando conforme o nível de detalhes necessários e os alvos visados. Por exemplo, se o levantamento aéreo realizado tiver boa resolução, pode auxiliar na constatação do crescimento urbano, porém, para monitorar a degradação das áreas de mata do município, a utilização de sensores multiespectrais poderá fornecer produtos de maior precisão.

Avançando na prática

Termo de Ajuste de Conduta em matas ciliares nas margens do Rio Grande no Município de Barreiras, Bahia.

Descrição

Estudos realizados por diversos autores relacionam a degradação e/ou ausência de mata ciliar, ocasionadas por supressão antrópica, como fator preponderante para baixa qualidade da água dos rios. Além disso, uma vez que isso pode ocasionar escassez hídrica, o Ministério Público, em parceria com a prefeitura pretende acionar os agricultores com propriedades nessa área por meio de um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) para recuperação dos locais, evitando processos, multas e até responsabilização penal.

Dessa forma, você foi questionado quanto à aplicabilidade do sensoriamento remoto para auxiliar nesse processo. Reflita com seus colegas quais aplicações vocês poderiam sugerir.

Resolução

Para diminuir os custos da verificação em campo das áreas degradadas ao longo do Rio Grande que, por vezes encontram-se em propriedades privadas, dificultando o acesso, pode-se utilizar imagens obtidas por meio do sensoriamento remoto. Dessa forma,

you can elaborate thematic maps pointing out the possible locations that need recovery, due to the absence of vegetation, assisting in the verification in the field by the designated employees.

Besides this, it is possible to associate the locations with their owners, in the case of the city having the cadastral record of rural properties georeferenced, facilitating the actions of the Public Ministry.

In the end, it is possible to carry out the monitoring of the recovery process of the riparian forest by means of remote sensing images, with the help of reflectance of vegetation species in the near-infrared region.

Faça valer a pena

1. Independently of the classification of satellites in orbital or geostationary, it is important to know, besides their aspects, the characteristics related to the sensors present in them. They are called resolutions and are divided into spatial, radiometric, spectral and temporal.

Analyze the following statements:

I – Spatial resolution consists in the capacity of the sensor to define objects according to their size.

II – Spectral resolution is the capacity of the sensor to discriminate objects by means of reflectance within the bands of the electromagnetic spectrum.

III – Radiometric resolution is the sensitivity of the satellite to transform the energy captured into variations of primary colors (red, blue and yellow).

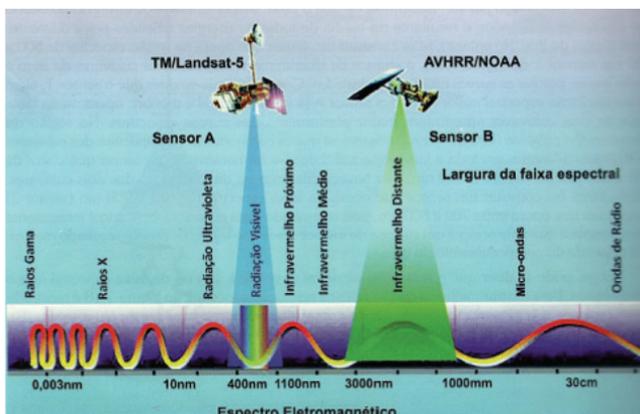
IV – Digital resolution is defined by the capacity of the satellite to digitalize electromagnetic radiation.

In relation to the types of resolutions, mark the correct alternative.

- a) Only I and IV are correct
- b) Only I and II are correct
- c) Only I and III are correct
- d) Only II and IV are correct
- e) Only II and III are correct

2. Os sensores orbitais podem atuar em determinadas faixas do espectro eletromagnético, podendo ter amplitude variada dentro de cada banda (sensores multiespectrais). Essas variações são intrínsecas a cada sensor, de acordo com a tecnologia dos mesmos. Dessa forma, analise a figura abaixo:

Figura 3.12 | Imagens de diferentes sensores e resoluções espaciais para discriminar áreas urbanas: região Leste da cidade de São Paulo.



Fonte: Moreira, 2012, p.154.

De acordo com a Figura 3.12, referente a faixa de resolução espectral, assinale a alternativa correta.

- A resolução espectral do Landsat 5 (TM) e NOAA (AVHRR) são iguais.
- A resolução espectral do Landsat 5 (TM) é melhor que do NOAA (AVHRR).
- A resolução espectral do Landsat 5 (TM) é pior que a do NOAA (AVHRR).
- O Landsat 5 (TM) possui comprimento de faixa espectral mais estreita em comparação do NOAA (AVHRR), possuindo menor resolução espectral.
- A resolução de ambos os sensores apresentados na figura é equivalente por conta da variação da frequência de ondas onde estão localizados.

3. O imageamento da superfície terrestre pode ser realizado por meio de diferentes sensores instalados em satélites artificiais localizados em órbita, coletando informações periódicas de acordo com o seu tipo de resolução (espacial, temporal e espectral). Os satélites podem ser classificados em orbital ou geostacionários.

Sobre a classificação dos satélites, assinale a alternativa correta.

- Satélites geostacionários realizam imageamento periódico de diferentes áreas da Terra, e satélites orbitais são utilizados para estudo meteorológicos.

- b) Satélites geoestacionários são caracterizados por estarem localizados na exosfera, e satélites orbitais na troposfera.
- c) Satélites geoestacionários movimentam-se em órbitas circulares ou heliossíncronas, e satélites orbitais possuem rotação igual à da Terra, mapeando sempre o mesmo local.
- d) Satélites orbitais movimentam-se em órbitas circulares ou heliossíncronas e satélites geoestacionários possuem rotação igual à da Terra, mapeando sempre o mesmo local.
- e) Satélites orbitais possuem sensores multiespectrais e satélites geoestacionários possuem sensores pancromáticos.

Seção 3.3

Interpretação e classificação de imagens de sensoriamento remoto

Diálogo aberto

Vamos continuar nossos estudos no âmbito do sensoriamento remoto? Nesta unidade conheceremos mais sobre o sensoriamento remoto aplicado. Na seção anterior, aprendemos conceitos relacionados à realização de levantamentos aéreos, além dos diversos sensores remotos instalados em satélites, sua resolução e a comparação entre elas.

Esse imageamento realizado da superfície terrestre, considerando as características de cada sensor, possibilita a extração de várias informações importantes da área ou dos objetos e alvos de interesse. Porém, como isso pode ser realizado? Existem técnicas que podem facilitar esse processo? É possível utilizar regiões não visíveis do espectro eletromagnético?

Retornando aos trabalhos na consultoria, a prefeitura do município de Campo Mourão, no Paraná, por meio de um decreto objetivando diminuir o desmatamento, pretende oferecer isenções fiscais a agricultores que preservem ou recuperem áreas degradadas acima do exigido pela legislação. Assim, eles realizaram uma consulta com a sua equipe para obter estudos que comprovem a possibilidade de aumentar a produtividade sem aumentar a área cultivada. Em parceria com alguns agricultores, os mesmos cederam suas áreas para estudos. Dessa forma, como o sensoriamento remoto pode auxiliá-los a realizar essa tarefa? A interpretação de imagens com base na REM (infravermelho) poderá ser utilizada? Quais técnicas podem ser aplicadas?

Nesta seção, você adentrará os aspectos relacionados à interpretação de imagens de sensores remotos, possibilitando solucionar os questionamentos elencados. Ainda, aprenderá sobre a classificação supervisionada e não supervisionada, além da fotointerpretação visual por meio de características das cenas.

Esta seção finaliza a unidade, apresentando conceitos aplicados.

Não pode faltar

Na seção 3.1 conhecemos os conceitos do sensoriamento remoto, tipos de sensores remotos, e, na seção 3.2, os tipos de resoluções e suas comparações. Caso não se recorde, não deixe de revisar esses conceitos.

A interpretação ou fotointerpretação de imagens de sensoriamento remoto é o processo de identificar objetos, feições e alvos presentes no local, como, por exemplo, rios, estradas, florestas, áreas de agriculturas, entre outros.

Esse processo torna-se uma ferramenta que nos permite conhecer as diversas características de uma cidade, município ou região, como seu relevo, área urbana, uso do solo, bem como outros aspectos. A fotointerpretação permite a criação de mapas temáticos das características físicas, retratando as altitudes, recursos hídricos, diferentes tipos de solo e aspectos geológicos de um território (Rosa, 2004).



Exemplificando

A fotointerpretação é amplamente utilizada na agricultura para mapeamento das culturas e a área total de plantio, bem como detecção de pragas e/ou falhas no processo de crescimento vegetal.

Porém, como é realizado todo esse processo descrito anteriormente? Utilizando imagens de sensores remotos, por meio da aplicação de técnicas de classificação supervisionada, não supervisionada ou pela interpretação visual de tonalidades, cores, texturas, padrões, localização, formas, sombras e tamanho.

- Tonalidades: são representadas em tons cinza, variando do branco até o preto e estão relacionadas à radiação emitida, refletida ou espalhada pelos objetos alvos. Quanto maior a claridade, maior a radiação no local (emitida, refletida ou espalhada), conseqüentemente serão observados tons claros de cinza ou até mesmo branco. Um exemplo disso dá-se pela tonalidade escura dos corpos hídricos, uma vez que possuem baixa radiância e emitância. Vale ressaltar que as bandas possuem diferentes comprimentos de onda e sua combinação ocasiona o realce de diferentes assinaturas espectrais.

- **Cores:** assim como as tonalidades, são provenientes da variação da radiação emitida, refletida ou espalhada pelos objetos alvos (na banda correspondente ao espectro eletromagnético). Além disso, são apresentadas conforme a mistura entre as cores e a cor associada à imagem original em preto e branco.
- **Texturas:** é caracterizada pela mudança de tonalidades nas áreas amostradas, ocasionando aspecto de presença ou ausência de rugosidade no terreno. Assim, confere-se aparência lisa (uniformidade de tons) ou rugosa (variação de tons). Quando lisas, correspondem a áreas de relevo plano, e, se rugosas, locais acidentados. Outro exemplo de textura dá-se em relação à cobertura vegetal, onde áreas de reflorestamento apresentam maior rugosidade que uma área de cultura.
- **Padrões:** variam de acordo com a resolução e tipo de cena analisada. Áreas urbanas, por exemplo, apresentam um padrão de fácil visualização, assim como áreas de plantio, com a presença de linhas sucessivas pela disposição linear das culturas.
- **Localizações:** auxiliam na classificação visual de produtos de sensoriamento remoto. Uma situação comum é a classificação de cursos d'água que não estão visíveis na imagem, porém, podem ser delimitados com base no conhecimento do analista e na identificação da mata ciliar.
- **Formas:** dão-se pelo padrão espacial dos objetos, como em áreas de silvicultura, onde é possível verificar uniformidade nas copas (sem rugosidade) e linhas retas no perímetro. Áreas naturais tendem a apresentar formas irregulares, como matas, lagos e pântanos. Outro exemplo é a presença de vias, apresentando formas lineares e curvilíneas.
- **Sombras:** fornecem informações sobre a altura dos alvos, bem como limites de unidades geológicas, variando de acordo com o sensor utilizado.
- **Tamanhos:** podem auxiliar na identificação de objetos, porém depende da resolução espacial e escala da imagem analisada. Em uma escala menor, pode-se diferenciar uma indústria de uma residência, o qual não seria possível em escalas maiores.

Na Figura 3.13, podemos observar alguns dos aspectos visuais citados anteriormente, como tamanho, forma, textura e padrão.

Figura 3.13 | Imagem de área próxima ao município de Uberaba – MG, representando estrada (linha azul), áreas de pivô (círculo rosa), áreas de remanescente florestal (polígono amarelo) e áreas de silvicultura ou reflorestamento (polígono vermelho).



Adaptado de Google, 2017.

A fotointerpretação de imagens é de extrema importância. Porém, como visto na seção 3.1, a região do espectro eletromagnético visível representa apenas uma pequena área. Dessa forma, a interpretação das regiões do espectro não visível, captadas pelos sensores, pode auxiliar na obtenção de informações relevantes do local estudado. Ainda, na seção 3.1 vimos a relação entre a atmosfera e a radiação eletromagnética em suas várias faixas do espectro. Caso não se recorde, leia novamente os conceitos já abordados.

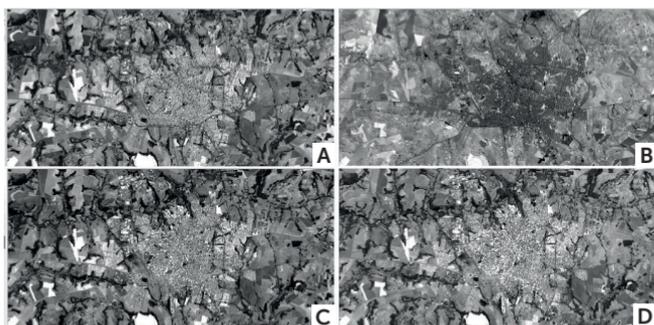
Vale ressaltar que sensores remotos são dispositivos que captam a radiação eletromagnética em determinadas faixas do espectro, possibilitando sua interpretação por meio da elaboração de um produto na forma de imagem (Rosa, 2004).

Dessa forma, utiliza-se a região do infravermelho uma vez que possui boa resposta na interação dos objetos e a radiação emitida. A principal razão dessa eficiência dá-se pelas moléculas do infravermelho possuírem menor comprimento que as moléculas de vapor d'água presente nas nuvens, possibilitando às mesmas atravessarem sem que ocorra interferência na onda (Meneses, Almeida, 2012). É nessa região, especificamente do infravermelho próximo, que a vegetação reflete maior quantidade de energia, diferenciando-se dos demais objetos, como solo exposto ou água.

Mas como podemos trabalhar com as regiões não visíveis do espectro eletromagnético, especialmente a região do infravermelho e do infravermelho próximo? Por meio da composição das imagens orbitais.

A composição consiste na aplicação do sistema de cores denominado RGB (Red, Green, Blue, ou vermelho, verde e azul) nas faixas do espectro escolhido, permitindo a visualização por meio de cores, dos diferentes comprimentos de onda. Isso é possível pois cada uma das bandas aborda diferentes tons de cinza, de acordo com a intensidade dentro do comprimento de onda da mesma, como podemos ver na Figura 3.14.

Figura 3.14 | Imagem das bandas 7 (A), 5 (B), 4 (C) e 3 (D) do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8, em área urbana do município de Uberaba, MG.



Fonte: Autor, 2017

A aplicação do sistema RGB possibilita que a imagem, anteriormente em tons de cinza, apresente cores, facilitando a identificação de seus objetos, alvos e características, como visto na Figura 3.15.

Figura 3.15 | Imagem composta do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8 em área urbana do município de Uberaba, MG.



Fonte: Autor, 2017

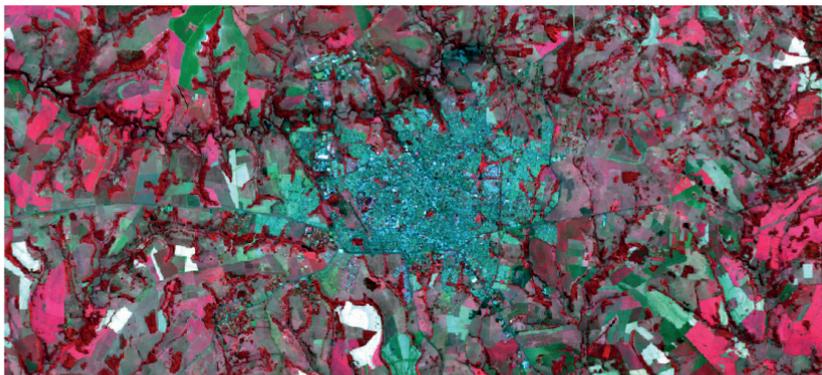
Assim, se na região houver maior interação com a vegetação, ocorrerá maior intensidade, permitindo destacar a mesma. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), muito utilizado na agricultura de precisão, é um exemplo da utilização da composição de cores que, por meio da normalização das frequências do infravermelho e do infravermelho próximo, destaca a variação da intensidade da refletância da radiação emitida pelas espécies vegetais, como na Figura 3.16.



Pesquise mais

Você sabia que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada pode auxiliar em diferentes estudos como, por exemplo, em queimadas? Para saber mais, acesse: CARDOZO, F. S.; MARTINS, F. S. R. V.; PEREIRA, L. O.; SATO, L. Y.; MOURA, Y. M.; PEREIRA, G.; SHIMABUKURO, Y. E. Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7950-7957. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.21.58?mirror=urlib.net/www/2011/03.29.20.55&metadatarpository=dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.21.58.29>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Figura 3.16 | Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) utilizando as bandas de vermelho e infravermelho próximo do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8 em área urbana do município de Uberaba, MG.



Fonte: elaborada pelo autor.

Essa técnica permite, além de diferenciar as espécies, verificar os diferentes estágios de crescimento, uma vez que seja realizada a coleta da assinatura espectral das espécies. Ainda é possível realizar diferentes composições de acordo com a finalidade do estudo e alvos visados. Para isso, é importante conhecer as bandas do sensor utilizado.

No sensor instalado no Landsat 7, a combinação das bandas 3 (*red*), 2 (*green*) e 1 (*blue*) proverá uma imagem com as cores naturais da região visível do espectro eletromagnético. Já seu infravermelho localiza-se na banda 4. Diferente do OLI do Landsat 8, onde a composição natural será 4-3-2, e a faixa do infravermelho está localizada na banda 5.



Assimile

O sensor OLI, localizado no satélite Landsat 8, apresenta outras bandas, totalizando 11. Existem diversas combinações que podem ser realizadas, viabilizando diversas análises. Por exemplo, a combinação 5-6-4 destacará o solo e a água e a 6-5-2 a agricultura.

Como vimos anteriormente, as imagens provenientes de sensores remotos permitem, baseada em sua resolução, a interpretação e classificação de objetos imageados. Esse processo é feito com o auxílio de softwares, os quais realizam uma análise quantitativa, caracterizando pixels por meio de suas propriedades numéricas. Essas propriedades são definidas por meio das diferentes intensidades de refletância dos alvos, ou seja, a variação permite diferenciar os objetos presentes na superfície estudada. Em suma, o processo de rotular cada pixel é chamado de classificação, sendo dividida em supervisionada e não supervisionada (Novo, 2012). Ambas as classificações podem ser realizadas pixel a pixel, por meio da informação espectral individual ou por regiões, utilizando a relação espacial com a vizinhança.

A classificação supervisionada consiste na identificação das classes pelo interprete, por meio de análise da imagem, determinando as áreas correspondentes a vegetação, solo exposto, urbano, mata nativa, entre outros (dependendo das classes elencadas e/ou objetivo do estudo).

Segundo Novo (2012), qualquer que seja o método utilizado

de classificação supervisionada, deve-se adotar os seguintes procedimentos:

- Conjunto de bandas espectrais: pode variar conforme o objetivo do estudo e o sensor utilizado. Isso ocorre, uma vez que pode ocorrer correlação entre as bandas, ocasionando sobreposição e conseqüentemente impossibilitando a discriminação entre as classes. Dessa forma, a avaliação do analista sobre quais canais utilizar será primordial para a eficácia da classificação.
- Escolha dos pontos de controle: áreas com classes conhecidas ou definidas pelo usuário. Quando elencadas as classes, todos os pixels da cena serão classificados baseados nos valores preestabelecidos pelo usuário. Nesse processo, os pixels selecionados para cada classe devem abor-la em sua totalidade, bem como ser representativas para a mesma.

A resolução adotada influencia diretamente na classificação, possibilitando identificar maior ou menor detalhamento dos alvos. Por fim, destaca-se a necessidade da avaliação da precisão da classificação realizada e do produto final. A verificação da exatidão das informações proveniente da classificação deverá ser feita com o auxílio de mapas, fotografias e/ou visitas em campo.

A classificação supervisionada pode ser realizada pelos seguintes métodos:

- Paralelepípedo: considerando um quadrado definido dentro de um intervalo de nível de cinza, de acordo com o treinamento aplicado.
- Distância Mínima: realiza a classificação por meio da distância do pixel mais próximo, ou seja, será alocado na categoria por meio da média dos valores dos pixels já classificados, escolhendo o de menor distância.
- Maxver: denominada máxima verossimilhança, utiliza parâmetros estatísticos e probabilidade, ponderando a distância do pixel na média das classes e verificando a possibilidade dele pertencem a cada classe.
- Maxver-ICM: nesse algoritmo, ocorre o mesmo processo descrito anteriormente, porém, posteriormente é realizada uma análise da vizinhança, para verificar afinidade próxima.

A classificação supervisionada poderá ser realizada posteriormente

a aplicação da classificação não supervisionada. Ela consiste no agrupamento dos pixels em classes, por meio da semelhança entre os mesmos. Assim, é necessário que o usuário verifique em campo, ou com auxílio de outras ferramentas (comportamento espectral), a caracterização dos pixels alocados em classes, definindo qual a representação real dos alvos, como, por exemplo, áreas de agricultura, corpos hídricos, entre outros, rotulando-os.

Vale ressaltar que a mesma pode ser utilizada como auxílio para a classificação supervisionada e que seus resultados podem refletir na necessidade de ajustes posteriores. Por exemplo, o número de classes elencadas pela classificação não supervisionada pode ser maior do que o observado no local ou objetivado pelo estudo realizado. Isso ocorre se diferentes tipos de espécies cultivadas forem alocados em classes distintas. Porém, se o objetivo for apenas identificar genericamente áreas de agricultura, torna-se necessário reagrupá-las (Novo, 2012).

Da mesma forma, pode ocorrer a alocação dos pixels em número de classes inferior ao observado no local, em consequência da semelhança espectral dos alvos visados, sendo necessária a aplicação de outras técnicas para discriminação dos mesmos.

A classificação não supervisionada pode ser realizada pelos seguintes métodos:

- Iseog: algoritmo aplicado em áreas, realizando o agrupamento por meio de parâmetros estatísticos como média, área, desvio padrão e covariância.
- K-médias: Os valores máximos e mínimos dos atributos da imagem são divididos em K grupos, sendo agrupados o quão mais próximos estiverem dos valores predeterminados de cada categoria.



Refleta

A classificação não supervisionada pode apresentar erros na alocação das classes. Dessa forma, qual a importância da classificação supervisionada nesse processo? E qual a necessidade de visitas a campo? Reflita sobre esses apontamentos.

Sem medo de errar

Agora que já estudamos os procedimentos de fotointerpretação de imagens de sensores remotos e como realizar a classificação por meio da interpretação da radiação infravermelha, seja supervisionada ou não, vamos encerrar essa unidade voltando ao seu trabalho na consultoria.

Você foi contratado pela administração pública para auxiliar na gestão do município de Campo Mourão, PR. Em uma de suas ações para diminuir o desmatamento local, a prefeitura, por meio de um decreto, pretende oferecer isenções fiscais a agricultores que preservem ou recuperem áreas degradadas acima do exigido pela legislação. Para isso, realizaram uma consulta com a sua equipe para obter estudos que comprovem a possibilidade de aumentar a produtividade sem aumentar a área cultivada. Em parceria com alguns agricultores, os mesmos cederam suas áreas para estudos. Dessa forma, como vocês, consultores, realizaram essa tarefa? A interpretação de imagens com base na REM (infravermelho) poderá ser utilizada?

Inicialmente, é importante realizar o levantamento de dados do local, para auxiliar no processo de identificação utilizando imagens de sensores remotos. Posteriormente é necessária a obtenção de cenas da área de estudo, podendo utilizar imageamento proveniente do sensor OLI do Landsat 8, ETM+ do Landsat 7, ou sensores instalados em outros satélites, como o Sentinel e o CBERS.

Existe a possibilidade de utilizar imagens de levantamento aéreo realizados no local, seja por aeronaves (aerolevantamentos), drones ou Vants, permitindo a melhor visualização dos objetos devido à baixa resolução espacial. Porém, como o objetivo é verificar se é possível aumentar a produtividade sem expandir as áreas produtivas, torna-se necessário que os sensores utilizados atuem na faixa de radiação do infravermelho. Como vimos nesta seção, e nas anteriores, devido à pequena área do espectro eletromagnético visível, e como a maior interação de espécies vegetais ocorre na faixa do infravermelho, ocorrem melhores diagnósticos nessa região, uma vez que facilita a visualização.

A utilização do infravermelho, além de facilitar a identificação das espécies cultivadas, permite localizar falhas no plantio, bem como

doenças e pragas, uma vez que o vigor da espécie será menor e, conseqüentemente, ocorrerá menor interação com a radiação emitida, refletida e espalhada.

Em ambos os processos, é possível utilizar a classificação não supervisionada inicialmente e, em seguida, aplicar a classificação supervisionada. Não é aconselhável utilizar apenas a classificação não supervisionada, uma vez que as classes elencadas podem não corresponder às características reais do local, sendo a mesma uma pré-classificação.

Após a realização, deve-se verificar a qualidade da classificação realizada e, se necessário, realizar correções manuais para melhorar a precisão do estudo.

Por fim, todo e qualquer estudo realizado por meio de sensores remotos devem ser validados em campo. Ou seja, são necessárias visitas pontuais para verificar se as áreas rotuladas no processo condizem com a realidade, e ainda observar pontos onde possa ter ocorrido interpretações errôneas.

Avançando na prática

Ocorrência de incêndios em áreas de Cerrado.

Descrição da situação-problema

No município de Campo Mourão, como já mencionado na seção 3.1, está localizado em área de ecótono (área de transição de biomas, ecossistemas, comunidades, formações florestais, entre outros) de floresta ombrófila mista para floresta estacional semidecidual, contendo enclaves de Cerrado, ocasionando fragilidade ambiental, devido à competição e invasão entre as espécies dos mesmos. Em áreas de Cerrado, é comum que ocorram queimadas, uma vez que as espécies locais apresentam fotoblastismo em suas sementes. Ou seja, quebram a dormência, possibilitando a germinação por meio da luz solar e/ou calor. Porém, é necessário cuidado, pois a queima total, além do risco de desencadear um incêndio, pode ocasionar a invasão de outras espécies, eliminando o bioma.

Dessa forma, como o sensoriamento remoto pode auxiliar nesse processo? A radiação infravermelha é uma ferramenta válida? O monitoramento permitirá respostas significativas?

Resolução da situação-problema

Pode-se utilizar imagens de levantamento aéreos ou de sensores orbitais do local, desde que os mesmos atuem na faixa de radiação do infravermelho. Nessa região, ocorre maior interação de espécies vegetais, possibilitando melhores diagnósticos, uma vez que facilita a visualização.

Dessa forma, é possível verificar, qualificar e quantificar a região das espécies do Cerrado, bem como observar as áreas que ocorreram as queimadas.

O uso do sensoriamento remoto, por meio da região do infravermelho, poderá auxiliar na verificação da área queimada, área remanescente e possíveis espécies invasoras que estejam adentrando o local. Vale ressaltar que o fogo em áreas de Cerrado está associado às características do mesmo, ou seja, está inserido em sua dinâmica. Porém, a utilização de imagens na região de maior interação vegetal, visto a sua fragilidade atual proveniente da degradação, permite monitorar e mitigar possíveis processos de descaracterização e/ou supressão do Cerrado.

Faça valer a pena

1. Os avanços tecnológicos possibilitaram a alocação de sensores remotos em satélites, permitindo o imageamento da superfície terrestre. As imagens fornecidas auxiliam o conhecimento de diferentes áreas por meio da interpretação (fotointerpretação) das mesmas. Assim, analise as seguintes afirmações:

I - Texturas são caracterizadas pela mudança de cores nas áreas amostradas, ocasionando aspecto de presença ou ausência de rugosidade no terreno.

II - Tonalidades variam do branco até o preto, em tons cinza, relacionadas à radiação emitida, refletida ou espalhada pelos objetos alvos.

III - Formas são caracterizadas pelo padrão espacial dos objetos, como em áreas de silvicultura, onde é possível verificar uniformidade nas copas (sem rugosidade) e linhas retas no perímetro.

Em relação à fotointerpretação de imagens de sensores remotos, assinale a alternativa correta.

a) Somente III está correta

d) Somente I e III estão corretas

b) Somente I está correta

e) Somente I e II estão corretas

c) Somente a II e III estão corretas

2. Sensores remotos são dispositivos que captam a radiação eletromagnética em determinadas faixas do espectro eletromagnético, possibilitando sua interpretação por meio da elaboração de um produto na forma de imagem.

Sobre a radiação eletromagnética e a vegetação:

a) A região das micro-ondas possui alta interação com a vegetação e baixa interação com corpos hídricos.

b) Na região do infravermelho próximo ocorre a maior interação entre a radiação e a vegetação. Quanto maior a intensidade da refletância, mais escura a tonalidade de cinza.

c) Na região do infravermelho próximo ocorre a maior interação entre a radiação e a vegetação. Quanto maior a intensidade da refletância, mais clara a tonalidade de cinza.

d) Na região do infravermelho próximo ocorre a maior interação entre a radiação e a vegetação. Porém, a tonalidade não será alterada, ocorrendo variação apenas na textura.

e) A região visível do espectro eletromagnético é a região de maior interação com a vegetação.

3. O processo de rotular cada pixel é chamado de classificação, sendo dividida em supervisionada e não supervisionada. Porém, deve-se adotar alguns procedimentos para obter resultados satisfatórios na classificação, seja ela supervisionada ou não.

Em relação aos procedimentos adotados na classificação, assinale a alternativa correta.

a) A escolha das bandas varia de acordo com o sensor utilizado, sendo sempre as mesmas em todos os estudos daquela cena.

b) Os pontos de controle são áreas aleatórias escolhidas por meio de algoritmos específicos.

c) Devido aos avanços tecnológicos, principalmente na resolução dos sensores, não é necessária avaliação da classificação supervisionada.

d) A resolução espectral não influenciará na classificação supervisionada, uma vez que ela é feita visualmente.

e) A escolha das faixas utilizadas na classificação varia de acordo com o sensor utilizado e o objetivo do estudo.

Referências

- CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to Remote Sensing**. 5. ed. New York: Guilford Press, 2011.
- CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2003.
- FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 144 p.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**: Manuais técnicos em geociências. IBGE, Rio de Janeiro, 2001. 94 p.
- JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. Wiley, 2015. 768 p.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. CNPQ/UNB, Brasília, 2012. 266 p.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.
- NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- ROSA, R. **Cartografia Básica**. Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia. 2004. 72p.
- ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4ª ed. Uberlândia. Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia. 2001. 210p
- SANTIAGO, M. M.; SILVA, H. A.; GALVÍNCIO, J. D.; OLIVEIRA, T. H. **Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no entorno da barragem do Botafogo-PE**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3003-3009. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0811.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2017.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MELO, D. H. C. T. B. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 2002. 146p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. CNPQ/UNB, Brasília, 2012. 266 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SANTOS, A.R. **"Fotogrametria e Fotointerpretação: Aplicações Práticas e Teóricas"**, UFES, 2007

THENKABAIL, P. S.; Enclonab, E. A.; Ashtonb, M. S.; Leggd, C.; Dieue, M. J. Hyperion, IKONOS, ALI, and ETM+ sensors in the study of African rainforests. **Remote Sensing Of Environment**, v. 90, n. 1, p.23-43, mar. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703003560>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to Remote Sensing**. 5. ed. New York: Guilford Press, 2011.

CARDOZO, F. S.; MARTINS, F. S. R. V.; PEREIRA, L. O.; SATO, L. Y.; MOURA, Y. M.; PEREIRA, G.; SHIMABUKURO, Y. E. **Avaliação de áreas queimadas a partir dos índices espectrais NDVI e NDBR**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7950-7957. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.21.58?mirror=urllib.net/www/2011/03.29.20.55&metadataarepository=dpi.inpe.br/marte/2011/07.27.21.58.29>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2003.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 7. ed. Wiley, 2015. 768p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; ROSA, A. N. C.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. CNPQ/UNB, Brasília, 2012. 266 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4 ed. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia. 2001. 210p.

SANTOS, A.R. "**Fotogrametria e Fotointerpretação: Aplicações Práticas e Teóricas**", UFES, 2007

THENKABAIL, P. S.; Enclonab, E. A.; Ashtonb, M. S.; Leggd, C.; Dieue, M. J. Hyperion, IKONOS, ALI, and ETM+ sensors in the study of African rainforests. **Remote Sensing Of Environment**, v. 90, n. 1, p.23-43, mar. 2004.

Aplicações e tomada de decisão a partir do uso de SIGs

Convite ao estudo

Prezado aluno, seja bem-vindo à quarta unidade de ensino da disciplina Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Para que você continue aprofundando seus conhecimentos sobre a utilização do geoprocessamento e sensoriamento remoto, nesta unidade discutiremos os seguintes assuntos: GNSS (histórico, princípio de funcionamento, uso e aplicação); aquisição, instalação e principais softwares de geoprocessamento; tomada de decisão e geração de critérios. Dessa forma, abordaremos os fundamentos necessários para que você seja capaz de analisar e interpretar imagens de satélite e reconhecer como é importante a utilização do geoprocessamento para a tomada de decisão nos estudos ambientais.

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) é o conjunto de vários sistemas de navegação. O Global Position System (GPS) é um exemplo desses sistemas, porém de produção estadunidense. Outro exemplo é o GLONASS, sigla que se refere ao sistema de navegação por satélite desenvolvido inicialmente pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). O Compass, chinês, e o Galileo, criado pela União Europeia, são constelações ainda em fase de implantação.

Acompanharemos ao longo desta unidade a seguinte situação hipotética: você foi contratado recentemente pela JM Ambiental, uma empresa de consultoria ambiental, para realizar estudos, mapeamentos e licenciamentos ambientais. Logo após sua entrada na empresa, você foi questionado quanto ao uso de softwares de SIGs e receptores GNSS em estudos ambientais. Com o intuito de adquirir novos aparatos, lhe foi solicitado que destacasse os pontos importantes e/ou as diferenças entre os produtos disponíveis no mercado.

É necessário que haja interação entre o receptor GNSS e o SIG escolhido para que seja possível abrir os dados coletados em campo. Para que você escolha receptores de qualidade e que não deem margem para contestações, você precisará saber qual é a precisão dos dados gerados e se essas informações serão abertas no SIG.

Dessa forma, como você define o melhor equipamento para estudos ambientais? Como descobrir qual é o software SIG mais adequado com base no que foi solicitado pela empresa? Como você demonstrará as vantagens e desvantagens das escolhas feitas em relação aos softwares SIGs e aos receptores GNSS?

Para responder a essas e a outras perguntas que possam surgir durante nossos estudos, aprenderemos um pouco mais sobre o mundo das geotecnologias. Bom trabalho!

Seção 4.1

GNSS: histórico, princípio de funcionamento, uso e aplicação

Diálogo aberto

Prezado aluno, para que você conheça mais profundamente o mundo das geotecnologias, apresentaremos os conceitos e o histórico do Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System* – GNSS), seu funcionamento, possíveis erros de posicionamento e como pode ser utilizado em trabalhos práticos. Esse novo aprendizado permitirá que você conheça essa geotecnologia e sua aplicabilidade no mapeamento de fenômenos ambientais e na localização de pontos obtidos em campo, de fatos e fenômenos geográficos, além de possibilitar o acompanhamento dos recursos naturais em tempo real.

Para desenvolver esse conhecimento, reveja a situação hipotética: em consultorias ambientais, receptores GNSS são importantes equipamentos para se coletar dados georreferenciados com o objetivo de se fazer um monitoramento ambiental adequado. A JM Ambiental é uma empresa que preza muito pela acurácia de seus estudos ambientais, por isso ela é destaque em sua área de atuação. Você fez uma pesquisa para obter informações referentes às diferenças das características dos equipamentos disponíveis no mercado. Assim, como você decidirá pelo melhor equipamento para realizar os estudos ambientais?

Nesta seção abordaremos todos os conteúdos necessários para que você consiga cumprir a atividade proposta. Vamos ajudá-lo a entender os conceitos e as tecnologias em questão para que possa responder a essas e a outras indagações que aparecerão ao longo de seus estudos, colocando-o em contato com uma situação característica do mundo do trabalho em geotecnologias.

Não pode faltar

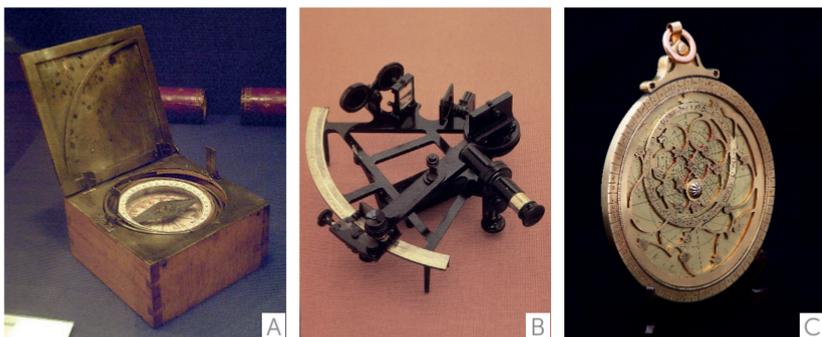
Você já ouviu falar em Sistema de Navegação por Satélite? Nesta disciplina, já estudamos um pouco sobre as bases de dados georreferenciados. O Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* – GPS) é um desses sistemas que fazem uso de satélites artificiais! Inclusive, é o mais conhecido deles. É importante saber que o GPS é apenas um dos sistemas de navegação disponíveis. Atualmente existem três grandes sistemas, mas novos surgirão no futuro. Então, vamos compreender como isso tudo começou?

Nesta disciplina, você já aprendeu sobre sistema de coordenadas geográficas, sistemas geodésicos e satélites artificiais. Os Sistemas de Navegação por Satélite, que a partir de agora chamaremos pela sigla GNSS, são usados para resolver o problema do posicionamento preciso sobre a superfície terrestre.

Antigamente, o homem já se interessava em saber sua localização na Terra, pois com essa informação seria possível explorar territórios mais distantes, navegar por mares mais extensos e depois voltar em segurança para seu local de origem. Mas havia um problema: como saber a localização geográfica de um lugar nunca antes explorado? E mais, como saber a direção de seu local de origem? Hoje sabemos que com apenas um par de coordenadas geográficas é possível determinar uma localização na superfície terrestre, porém sabemos também que identificar uma latitude e uma longitude em um ponto qualquer da Terra sem o auxílio de um “GPS” é uma tarefa muito difícil.

Por muitos séculos a única alternativa era observar astros como o Sol, planetas e estrelas. Com a invenção e difusão da bússola, sextante, astrolábio (Figura 4.1) houve uma grande revolução na navegação, mas o desafio da determinação de uma coordenada geográfica na superfície terrestre continuava insolúvel.

Figura 4.1 | Exemplo de (A) bússola, (b) sextante e (c) astrolábio



Fonte: (A) Luis Garcia. Licenciado por CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=Compass&uselang=pt#/media/File:Br%C3%BAjula_azimutal_esp%C3%A1nola_s.XVIII_\(M.A.N._Madrid\)_01.jpg](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=Compass&uselang=pt#/media/File:Br%C3%BAjula_azimutal_esp%C3%A1nola_s.XVIII_(M.A.N._Madrid)_01.jpg)>. Acesso em: 1 dez. 2017. (B) Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA. Domínio Público via Wikimedia Commons. Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Sextant.jpg>>. Acesso em: 1 dez. 2017. (C) Jacopo Koushan. Licenciado por CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Iranian_Astrolabe_14.jpg>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Enquanto a noção de latitude pôde ser parcialmente apontada pela observação dos astros, medindo sua altura no horizonte e aplicando regras trigonométricas, o enigma da longitude levou muito mais tempo para ser desvendado, pois dependia de um detalhe muito mais complexo: conhecer a hora local com certa precisão. Para isso, seriam necessárias observações da posição dos astros de forma muito mais complexa ou seria necessário um relógio de grande precisão e que não se desajustasse em longas viagens no continente ou no oceano. Porém, dadas as condições tecnológicas da época, isso era impossível. Tal problema só foi resolvido no século XVIII, com a invenção de um relógio suficientemente preciso para calcular a posição no sentido das longitudes, observando a posição dos astros em relação a determinada hora local. Dessa forma, sabendo a posição de determinado astro em dada hora e comparando-a com a posição desse mesmo astro com o local de origem da viagem, por exemplo, tornou-se possível determinar a longitude de determinado local, ainda que este fosse o oceano.



Pesquise mais

Você gosta de literatura? Conheça a grande obra literária de Dava Sobel, intitulada *Longitude*. Essa obra conta a incrível jornada de John Harrison, relojoeiro do século XVII que inventou um relógio (cronômetro) tão

preciso a ponto de ser usado para determinar a longitude no oceano.

SOBEL, Dava. **Longitude**: a verdadeira história do gênio solitário que resolveu o maior problema científico do século XVIII. São Paulo: Companhia de Bolso, 2008.

Foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que sistemas eletrônicos com base em ondas de rádio foram desenvolvidos com o propósito de auxiliar a navegação, mas ainda não se tinha um sistema completo para a obtenção de posicionamento em toda a superfície terrestre. A solução definitiva veio posteriormente, com o uso de satélites artificiais.

Para fins de navegação e posicionamento global, o uso de satélites artificiais teve início em 1959 com a criação do sistema estadunidense denominado Transit ou NAVSTAR. Pela primeira vez na história, foi utilizada uma constelação de satélites (grupo de satélites sincronizados que orbitam a Terra) para fornecer coordenadas geográficas de qualquer ponto da superfície terrestre. No entanto, o sistema NAVSTAR possuía uma tecnologia limitada, que, embora altamente sofisticada, não era capaz de fornecer coordenadas geográficas com grande frequência em qualquer ponto da Terra. A solução para a melhoria da temporalidade do fornecimento de posições geográficas teve início na década de 1970 com o advento do GPS. O GPS, nova tecnologia americana, substituiu o NAVSTAR definitivamente algum tempo depois.

O sistema GPS foi difundido globalmente em 1995. Desde então, sua popularidade só aumentou, mas outros sistemas de navegação foram surgindo, com destaque para o GLONASS, sigla que se refere ao sistema de navegação russo, e para o sistema europeu denominado Galileo, que ainda está em fase de conclusão, mas já dispõe de 18 satélites em órbita, os quais fornecem sinais de posicionamento em todo o globo. Outros sistemas que serão agregados ao GNSS já estão em fase de implantação, como o projeto Compass, de origem chinesa, que tem perspectiva de conclusão em 2020, mas já conta com uma constelação de dez satélites em órbita e tem firmado uma cooperação com a Rússia de integração de seus dados GNSS.

Como ocorre o funcionamento e o uso dos receptores de dados GNSS? Os sistemas de navegação por satélite funcionam de acordo

com um princípio simples: o tempo que um sinal leva para viajar de um satélite até um receptor na superfície da Terra. Os satélites transmitem continuamente um sinal de rádio com sua posição exata no espaço e no tempo (Figura 4.2). Ao medir a distância de três satélites, a localização do receptor pode ser definida. Se o sinal de um quarto satélite for obtido, então a altitude em relação ao nível do mar também pode ser determinada. Os receptores de navegação mais comuns e mais acessíveis em termos de custo podem fornecer a coordenada geográfica de um lugar com precisão de 5 a 10 m.

Figura 4.2 | Receptor GNSS captando dados dos satélites



Fonte: Javiersanp. Licenciado por CC BY-SA 3,0 via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Bad_gdop.png>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Às vezes é necessária uma precisão maior do que 5 metros. Para isso, existem várias técnicas para melhorar o sinal que chega até um receptor. Muitos receptores de navegação calculam a média das medidas para melhorar a precisão aparente. A precisão das medições também pode ser melhorada usando o receptor diferencial. Com essa técnica, são usados dois receptores: um fixo e outro móvel. O receptor móvel é utilizado para coletar dados. Se a localização do receptor fixo (base) for conhecida com precisão, comparando a localização do receptor móvel com a localização precisa do receptor fixo, é possível obter uma medida com precisão acima de 1 metro em todos os pontos coletados. Essa correção dos pontos itinerantes é possível dentro de um raio de aproximadamente 300 km.



Acesse o site da Embrapa Monitoramento por Satélite e conheça todos os satélites em atividade. Caso queira conhecer as características de cada satélite, clique sobre a imagem dele para saber o tempo de vida projetado, sensores utilizados e período de revisita. Disponível em:

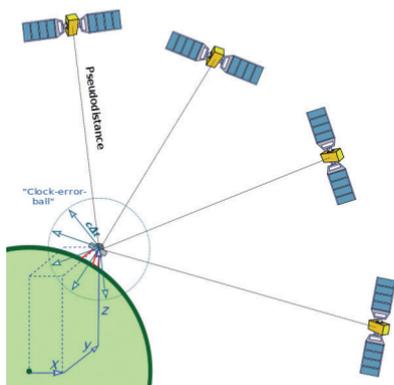
<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/sensores_operantes.html>. Acesso em: 1 dez. 2017.

O Sistema de Navegação por Satélite é constituído por três segmentos principais:

- **Segmento espacial:** consiste em constelações de satélites que orbitam em torno da Terra a uma altitude de cerca de 20.000 km. Dessa forma, em qualquer ponto da superfície terrestre e em qualquer hora, é possível captar o sinal de pelo menos quatro satélites. Os sistemas GPS e GLONASS possuem uma constelação de 24 satélites cada um.
- **Segmento controle:** são as estações de monitoramento do sistema de navegação que rastreiam os satélites, definem suas órbitas e controlam as informações que são transmitidas aos satélites.
- **Segmento de usuários:** é constituído pelos receptores que recebem e processam os sinais GNSS. Existem vários tipos de receptores e diferentes propósitos, seja para fins militares (manobras de combate; navegação de mísseis) ou civis (controle de frotas; agricultura de precisão; posicionamento preciso; esportes radicais etc.).

Você já ouviu falar nos possíveis erros de posicionamento do GNSS? E sobre sua precisão? Isso pode ocorrer por uma série de fatores. Ao usuário é importante ter em mente que nem sempre uma coordenada observada na tela de um receptor corresponde corretamente à coordenada local. É importante considerar os erros possíveis relacionados ao tipo de receptor utilizado, além de outros fatores externos. Para evitar erros de posicionamento muito grandes e melhorar a precisão dos dados, os receptores GPS precisam captar dados de satélites que estejam bem distantes entre si, conforme mostra a Figura 4.3. Por isso a maioria dos receptores fornece informações de quais satélites estão sendo identificados e suas posições relativas.

Figura 4.3 | Receptor GNSS e as distâncias dos satélites



Fonte: RicHard-59. Licenciado por CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/66/Satellite_Positioning.svg>. Acesso em: 1 dez. 2017

Outra informação muito importante é evitar se posicionar em áreas e condições de tempo desfavoráveis à transmissão dos sinais GNSS. Lembre-se de que os sinais são transmitidos na frequência de ondas de rádio. Então, ao se preparar para obter uma coordenada geográfica, no momento da tomada de dados, observe se a linha do horizonte está desobstruída em, pelo menos, 15° acima de sua cabeça. Procure não ficar em fundos de vales muito profundos, próximos a edifícios altos, linhas de transmissão de alta voltagem, radares, antenas, florestas densas etc.

A qualidade dos dados adquiridos por receptores GNSS também pode sofrer interferências atmosféricas. Em um dia muito nublado ou chuvoso a trajetória do sinal pode atrasar, e isso, por vezes, resulta em erros de posicionamento.

Alguns receptores como os GPS Geodésicos e RTK recebem mais de um comprimento de onda na recepção do sinal utilizado para processar o posicionamento, e, com isso, o erro pode ser corrigido; no entanto, vale lembrar que esses equipamentos são voltados a levantamentos topográficos e de posicionamento preciso, atendendo a fins específicos, além de serem equipamentos mais caros se comparados aos receptores de navegação convencionais. Os receptores de alta precisão podem fornecer dados com precisão de milímetros, e suas aplicações estão voltadas para diversos fins, tais como: georreferenciamento de imóveis rurais, pontos de apoio a levantamentos aerofotogramétricos ou de Vants, locação de obras

de engenharia, entre outros.

As antenas desses receptores são mais sofisticadas. Muitos deles funcionam com duas antenas, sendo uma fixa e outra móvel, mais conhecidas como antena BASE e antena ROVER. Na BASE, as coordenadas geográficas são conhecidas e precisas. A antena ROVER pode coletar dados de posição em diversos pontos, em um raio de 100 km, e os corrige com referência na coordenada da BASE. Tais correções são feitas por sistemas computacionais em tempo real ou após a coleta.



Assimile

Atualmente, a tecnologia mais versátil é a *Real Time Kinematic* (RTK), que em português significa Posicionamento Cinemático em Tempo Real. Trata-se de uma tecnologia que fornece o posicionamento relativo cinemático em tempo real, permitindo ao usuário obter informações de alta precisão diretamente no campo. Isso reduziu o tempo gasto com o pós-processamento e abriu oportunidades para a realização de trabalhos mais eficientes.

Os sistemas de posicionamento global são, portanto, uma enorme revolução do mundo moderno. Além de ser uma poderosa fonte de informações para o SIG, o GPS é um importante instrumento para trabalhos e levantamentos de campo. A flexibilidade desse sistema está evoluindo para uma tecnologia padrão em veículos automotores. Os motoristas do futuro possivelmente não mais terão de parar para perguntar o caminho de destino.

Os GPS também são amplamente usados em serviços comerciais, como embarcações, negócios de entrega, caminhões e máquinas agrícolas. Para todos esses fins existe um elemento comum que é a necessidade de se deslocar eficientemente em uma rede de transportes.

Por fim, a navegação por mapas tornou-se obsoleta, e a confiança agora está nos sistemas GPS. Mesmo o cidadão comum, em seu rotineiro uso do celular, nem sempre se dá conta de que ao consultar a localização de um serviço ou destino está fazendo uso desse importante sistema.

E quais são as perspectivas futuras? Em um olhar para o futuro próximo, podemos dizer que o GNSS pode se desenvolver em

diversas áreas. Com base nas informações obtidas na pesquisa feita por Ramawickrama et al. (2016), mostraremos três importantes campos em que o Sistema de Navegação por Satélite poderá se desenvolver.

- **Condução autônoma:** a possibilidade de existirem veículos autônomos no futuro não é nova. Mesmo na ficção científica isso já foi considerado, como no filme *Minority Report*, produzido em 2002 por Steven Spielberg, em que são mostrados carros conduzidos autonomamente, enquanto os passageiros podem tranquilamente falar ao celular ou ler um livro. No futuro, a aplicação do GNSS será para que os carros assumam as atividades tradicionalmente realizadas pelo motorista, graças à sua capacidade de sentir o ambiente, navegar e se comunicar com outros veículos e com a própria infraestrutura rodoviária. A condução autônoma poderá reduzir os acidentes de trânsito, melhorar o fluxo de tráfego e, ainda, melhorar o conforto do motorista. No contexto da estrutura que regerá a condução autônoma, o GNSS desempenhará um papel fundamental ao fornecer informações de rota, localização e velocidade para a navegação integrada. Lembre-se de que no futuro a constelação de satélites de navegação será imensa, contando com novos sistemas, além dos atuais GPS, GLONASS e GALILEU. Assim, essa gigantesca constelação será associada a outras tecnologias em nível terrestre para garantir a robustez do posicionamento e a segurança do movimento dos veículos. Esse mercado vai gerar novas oportunidades de negócios. Atualmente, vários fabricantes de automóveis estão investindo no desenvolvimento da tecnologia da condução autônoma.
- **Agricultura:** na Agricultura de Precisão, o uso do GNSS junto a outras tecnologias tem como propósito promover soluções capazes de tornar a produção rural mais eficiente, com maiores rendimentos e com menor impacto ambiental. As principais aplicações do GNSS são: orientação do maquinário agrícola na sequência da colheita, minimizando os riscos de sobreposições de linhas; direção autônoma da máquina; aplicação de taxa variável com combinação do posicionamento do maquinário por GNSS e mapas digitais para a distribuição da quantidade certa de produtos agroquímicos. O posicionamento GNSS e as aplicações de software identificam a posição exata das amostras de solo enviadas

aos laboratórios. Nas aplicações agrologísticas, o monitoramento de máquinas agrícolas e o gerenciamento da produção poderão usar informações do GNSS em tempo real para monitorar a localização e o estado mecânico dos equipamentos, bem como para gerenciar os fluxos de trabalho com maior eficiência. O rastreo geográfico permitirá monitorar os animais e os produtos no campo usando receptores em animais e rastreadores de GNSS de todo tipo de veículo. A delimitação de parcelas também será monitorada em tamanho e produtividade com base em GNSS. Por exemplo, os subsídios agrícolas empregados no campo poderão ser monitorados pelos fiscais para verificar o local e sua utilização nas propriedades rurais.



Exemplificando

Agricultura de Precisão (AP) é o conjunto de ferramentas e tecnologias fundamentado nos conceitos de que as variabilidades de espaço e tempo influenciam nos rendimentos dos cultivos.

Conheça um exemplo de aplicação da Agricultura de Precisão acessando o vídeo a seguir:

Minuto precisão 01. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FeKREQH7mnw>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

- **Aplicações no levantamento de uso da terra:** o levantamento cadastral urbano e rural serve para estabelecer limites de propriedades e para qualificar seu uso. Assim, as políticas de tributação de terras dependem muito da manutenção e atualização dos cadastros de terras. As obras de engenharia civil requerem estudos detalhados de topografia, e a construção das obras implica diferentes estágios, desde a locação até a conclusão da obra. Em todos esses casos, o GNSS pode ser usado tanto para a delimitação de áreas quanto para o fornecimento de posições das máquinas, caçambas e de equipamentos de construção usando informações fornecidas pelo design digital 3D. No mapeamento, o GNSS é usado para definir pontos de localização específicos de interesse para fins de planejamento cartográfico, ambiental e urbano. Na área de mineração, é usado para o levantamento das

lavras e envolve medições e cálculos que ocorrem nas diferentes etapas da exploração, incluindo o monitoramento da estabilização das vertentes.



Reflita

Se não houvesse todo esse desenvolvimento e atualização constante do GNSS, como seria atualmente? Será que conseguiríamos ter disponíveis todas essas possibilidades? E as perspectivas futuras, quais seriam?

Sem medo de errar

Prezado aluno, após compreender os principais conceitos e o histórico do GNSS, seu funcionamento, possíveis erros de posicionamento e como ele pode ser utilizado em trabalhos práticos, mobilize agora esse conhecimento para resolver a atividade a ser desenvolvida na empresa JM Ambiental.

Em empresas como a JM Ambiental, receptores GNSS são importantes equipamentos para se coletar dados georreferenciados com o objetivo de se fazer um monitoramento ambiental adequado. Essa empresa preza muito pela acurácia de seus estudos ambientais, por isso ela é reconhecida no mercado. Você fez uma pesquisa para obter informações referentes às diferenças das características dos equipamentos disponíveis no mercado. Assim, como você decidirá pelo melhor equipamento para realizar os estudos ambientais?

Vamos supor que você já tenha pesquisado reportagens recentes de algumas instituições públicas de pesquisas para compreender qual é a melhor opção de receptores atualmente:

- SHIRATSUCHI, L. S.; ZIVIANI, A. C.; MARTINS, F. da S. Comparação de Modelos Receptores GPS para utilização na Agricultura de Precisão. Planaltina-DF: EMBRAPA CERRADOS, 2004 (Comunicado Técnico 112 EMBRAPA-CPAC). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26613/1/comtec_112.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2017.
- ROSALEN, D. L. et al. Acurácia na determinação da posição pelos métodos de posicionamento por pontos simples e por

posicionamento diferencial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – ConBAP, 43., 2014, Estância São Pedro. **Resumos...** Estância São Pedro, 2014. Disponível em: <<http://conbap.sbea.org.br/2014/trabalhos/R0005-2.PDF>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

- HECKE, C. Alta precisão: nova geração de GPS reconhece posicionamento a cada 60 centímetros. **Tecmundo**, 22 abr. 2011. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/gps/9725-alta-precisao-nova-geracao-de-gps-reconhece-posicionamento-a-cada-60-centimetros.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Após realizada a pesquisa, ficou evidenciado que os receptores de navegação mais comuns e mais acessíveis em termos de custo podem fornecer as coordenadas geográficas com uma precisão de 5-10 m.

Já os GPS Geodésicos e RTK, por serem receptores de alta precisão (Figura 4.4), fornecem dados com precisão de milímetros, tornando-se equipamentos de elevado custo quando comparados a receptores de navegação comuns.

Figura 4.4 | Exemplo de (A) Receptor convencional e (B) Receptor GNSS de alta precisão



Fonte: (A) F1jmm. Licenciado por CC BY-SA 4.0 via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Etrex_30_GARMIN_%28Pont_d%27Yeu%29.jpg>. Acesso em: 1 dez. 2017. (B) Agência Federal de Gerenciamento de Emergência. Domínio Público via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6e/FEMA_-_40588_-_Fargo_Engineer_uses_a_GPS_to_measure_the_height_of_the_river.jpg>. Acesso em: 1 dez. 2017.

A decisão pelo melhor equipamento a ser utilizado em estudos ambientais dependerá do tipo de estudo a ser executado, se necessitará coletar pontos em fundos de vales muito profundos, próximos a edifícios altos, linhas de transmissão de alta voltagem,

radares, antenas, florestas densas etc., pois cada tipo de levantamento de campo demandará um equipamento com precisão de milímetros. Desse modo, vemos como é importante conhecer e entender a utilização do geoprocessamento para a tomada de decisão nos estudos ambientais.

Avançando na prática

Levantamento topográfico em uma ETE

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro ambiental e atualmente está trabalhando na Companhia de Saneamento Básico da sua cidade, que é uma empresa que detém a concessão dos serviços públicos de saneamento básico em seu município. Mais especificamente, você trabalha no setor responsável pelas manutenções preditivas da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Em uma recente vistoria, ficou constatado que há um problema nas caixas de areia aerada, e por isso é necessário realizar uma manutenção nesse local. Primeiramente, contratou-se uma empresa de topografia para coletar pontos com GPS nas extremidades das caixas de areia visando descobrir o tamanho exato delas para a compra dos insumos necessários para a manutenção a ser realizada. Na entrega da medição solicitada, você perguntou à empresa de topografia qual equipamento foi utilizado nas coletas dos pontos, haja vista que a nova medição apresentou área bem maior que a anterior. Dessa forma, o que pode ser feito para corrigir essa medida realizada, considerando que houve uma diferença muito grande entre uma medição e outra?

Resolução da situação-problema

Não é possível ajustar as medidas obtidas. É necessário realizar novamente a coleta de pontos, pois a diferença muito grande entre uma medição e outra mostra que possivelmente houve um dos seguintes problemas:

- Foi utilizado um receptor de baixa precisão.
- O aparelho utilizado não estava aferido.

- Condições climáticas influenciaram o resultado.
- Imperícia do manuseador.

Para fins didáticos, na resolução desta situação-problema, adotaremos que essa diferença entre as medições é decorrente da utilização de um receptor de baixa precisão.

Na nova medição deverá ser informado o modelo de GPS Geodésico ou de RTK usado para a coleta dos pontos das extremidades, pois, conforme aprendemos, são receptores de alta precisão, fornecem dados com precisão de milímetros e seu erro pode ser corrigido.

Em levantamentos que necessitam de precisão não é recomendado o uso de receptores convencionais por causa de sua baixa precisão, que está em torno de 5-10 m.

Desse modo, vimos mais uma vez como é importante conhecermos os tipos de GNSS existentes e suas precisões para conseguirmos realizar trabalhos técnicos corretamente.

Faça valer a pena

1.

Sonhei estar no relógio de meu pai
Com Ptolomeu e entre estrelas de rubi
Fixas entre esferas - o Primeiro Móvel
Luziu espiralado no fim do espaço
E as esferas dentadas se devoraram
Até findar o tempo e a caixa lacrar-se.
(John Ciardi, *My father's Watch*)

O poema faz alusão a um instrumento que foi fundamental para a solução de um problema de ordem geográfica. Uma vez resolvido esse problema, a navegação e as possibilidades de exploração de novos territórios estariam, de uma vez por todas, resolvidas. Trata-se do problema da:

- a) Cartografia.
- b) Altitude.
- c) Latitude.
- d) Direção.
- e) Longitude.

2. Um relatório gerado por um receptor GPS exibiu os seguintes resultados:

- Tempo de processamento: 43 segundos
- Precisão: 16 metros
- Atitude: 811 metros
- Lat./Long: 19° 45' 50.03" S 47° 56' 12.23" W
- Sistema de Referência: WGS84
- Número de satélites observados: 4

Com base nesse relatório é possível afirmar que esse aparelho receptor tem:

- a) Precisão apropriada para navegação, para fazer trilhas e levantamentos básicos de campo.
- b) Precisão suficiente para levantamentos de engenharia civil e obras de infraestrutura.
- c) Precisão suficiente para o cadastro de imóveis rurais e seu registro formal.
- d) Baixa precisão e é impróprio para atividades de lazer ou escotismo.
- e) Estabilidade diante das oscilações atmosféricas, variações de altitude e número satélites.

3. A maioria dos receptores GPS é bastante versátil e pode ser usada em diversas atividades. Alguns recursos tornam alguns receptores GPS mais adequados a certas atividades do que outros, no entanto sua funcionalidade básica é a navegação.

Assinale a alternativa que apresenta duas situações em que o uso de um receptor GPS é recomendado.

- a) Mapeamento; coleta de campo.
- b) Escavação de túneis, escavação de minas de carvão.
- c) Espeleologia; museologia.
- d) Caça em área arborizada; pesca.
- e) Caminhadas em áreas arborizadas; montanhismo.

Seção 4.2

Aquisição, instalação e principais softwares de geoprocessamento

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção continuaremos aprofundando nossos conhecimentos sobre geoprocessamento e sensoriamento remoto. Historicamente, muitas pessoas resolviam problemas geográficos produzindo Sistemas de Informações Geográficas (SIG) usando apenas mapas impressos, papéis transparentes e, o mais importante, suas próprias ideias. Com o passar das décadas, a informática se desenvolveu, e o que era feito de forma manual passou a ser processado por meio de computadores e tecnologias digitais, agilizando, sobremaneira, todo o processo. Atualmente existem diversos programas que processam informações geográficas, mas uma questão é comum a eles: todos utilizam-se das tecnologias digitais para capturar, armazenar, checar, integrar, manipular, analisar e exibir dados espacialmente georreferenciados na superfície terrestre (FAZAL, 2008).

O atual universo SIG dispõe de tecnologias de softwares livres e pagos. Há uma enorme quantidade de programas disponíveis no mercado, porém cada um deles tem suas vocações, atribuições e peculiaridades. Para compreender tudo isso temos de conhecer o conceito, o histórico e as principais características dos SIGs, além de entender como adquirir, instalar e utilizar suas aplicações para a Engenharia Ambiental e Geografia.

Para que você construa esse conhecimento sobre o mundo das geotecnologias, retomaremos nossa situação hipotética: você foi contratado pela JM Ambiental, empresa que realiza estudos ambientais, mapeamentos e licenciamentos ambientais. Logo após sua entrada na empresa, você foi questionado quanto ao uso de softwares de SIGs e receptores GNSS em estudos ambientais. Com o intuito de adquirir novos aparatos, lhe foi solicitado que destacasse os pontos importantes e/ou as diferenças entre os produtos disponíveis no mercado.

Dessa forma, você constatou a existência de diversos estudos e trabalhos que mostram a existência de diversos softwares SIGs com bom custo-benefício. Diante disso, quais são as diferenças entre eles? Como identificar qual é o software SIG mais adequado com base no que foi solicitado pela empresa? Lembre-se de que o Sistema de Informação Geográfica é capaz de fornecer possibilidades e alternativas de apoio à tomada de decisão para os consultores ambientais, mas essa geotecnologia sozinha não é capaz de captar, organizar, desenhar mapas, adquirir, manipular, analisar e apresentar os dados georreferenciados.

Nesta seção conheceremos todos os conteúdos necessários para que você possa realizar a atividade e para que esteja preparado para o mercado de trabalho. Bons estudos!

Não pode faltar

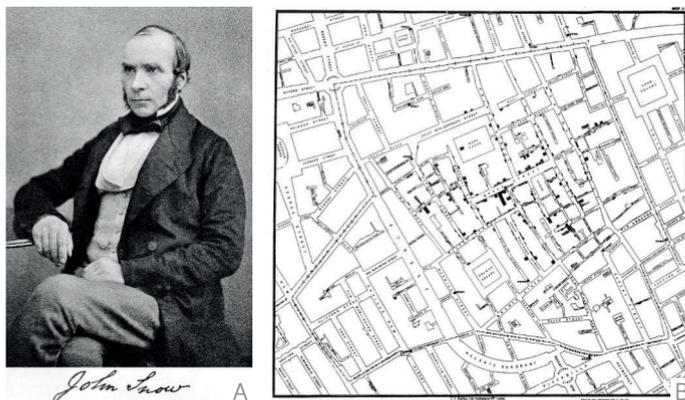
Vamos conhecer os conceitos e o histórico dos softwares de SIG? A tecnologia do Sistema de Informação Geográfica (SIG) não é tão nova como a maioria das pessoas imagina, mas a história dos SIGs ainda está sendo escrita. Embora muitos imaginem que os SIGs sejam apenas programas de computador que armazenam e exibem diferentes tipos de dados em um mapa, na verdade eles são muito mais que isso.

A primeira aplicação documentada de um SIG é de 1832, na França. Certamente, naquela época não existiam computadores, mas existiam mapas, geógrafos e ideias. Ainda nesse período, um cartógrafo francês chamado Charles Picquet elaborou um mapa dos 48 distritos da então cidade de Paris, que mostrava a distribuição espacial dos surtos de cólera na região. Em seu mapa, foi representada com cores graduadas a porcentagem de óbitos por cólera a cada 1.000 habitantes. Com esse mapa foi possível identificar as áreas que precisavam receber maior atenção ao problema dessa epidemia.

Pouco tempo depois, em 1854, o inglês John Snow fez um mapa semelhante, conforme vemos na Figura 4.5, porém para a cidade de Londres. O mapa elaborado por Snow, além de mostrar os locais com maiores óbitos por cólera, mostrava as bombas de abastecimento de água da cidade. Relacionando as duas informações era possível

identificar onde possivelmente a água estava sendo contaminada pela bactéria da cólera.

Figura 4.5 | A) John Snow e B) Mapeamento elaborado por John Snow que mostra o agrupamento de casos de óbitos por cólera na epidemia de Londres em 1854. Cada traço preto representa o local da moradia da pessoa que foi a óbito por cólera



Fonte: (A) Rsabbatini. Licenciado por CC BY 4.0, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/John_Snow.jpg>. Acesso em: 16 dez. 2017. (B) John Snow. Domínio Público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/John_Snow#/media/File:Snow-cholera-map-1.jpg>. Acesso em: 16 dez. 2017.



Assimile

Veja que interessante: a combinação de informações geográficas auxiliou pessoas na tomada de decisões! Perceba que, em ambos os casos, tratava-se de um problema de ordem geográfica, ou seja, transformaram as informações sobre determinado fenômeno em mapas e, em seguida, ao analisá-los, encontraram uma resposta (ou parte dela) para o problema que as afligia.

Esses ilustres personagens estavam não só se apropriando de um conjunto de dados, mas também construindo um Sistema de Informações Geográficas ao combinarem e transformarem esses dados em informações georreferenciadas. Como sabemos, os Sistemas de Informação Geográfica, na prática, são representados pelos softwares voltados à gestão e manipulação de dados geográficos. Porém, eles apareceram efetivamente somente em meados da década de 1960.

Vamos agora dar um salto na história para compreendermos o

que aconteceu nessa década que fez que os SIGs saíssem do papel para os computadores.

Todos sabemos que os computadores mudaram a forma como nos relacionamos com as informações e com o próprio mundo, e isso não foi diferente para o universo dos mapas. O primeiro SIG computacional foi feito pelo geógrafo visionário Roger Tomlinson. Foi ele quem concebeu e desenvolveu o Canada Geographic Information System (CGIS), um imenso sistema para o gerenciamento do uso do solo e monitoramento dos recursos naturais do Canadá.

Na época, com apenas 28 anos, ao embarcar em um avião de Ottawa para Toronto, sentou-se ao lado de Lee Pratt, o chefe da seção do inventário de terras do governo canadense. Naquele momento, Pratt estava envolvido em um grande projeto para desenvolver um sistema de informações, fundamentado em mapas, dos recursos naturais do imenso país.

Esse foi o início da história, mas seu final todos nós já conhecemos! Tomlinson desenvolveu um imenso computador que armazenava dados geoespaciais das terras canadenses. Por meio desse computador era possível gerenciar os procedimentos regulatórios de gestão do território do Canadá.

Depois de Tomlinson, muitos outros sistemas surgiram notadamente em países como Estado Unidos e Inglaterra, mas ainda não existia um sistema unificado que fosse capaz de executar diferentes funções a partir de uma plataforma integrada. Existiam muitos programas, porém estavam espalhados em diversas instituições e, por vezes, tinham finalidades específicas. Contudo, no final da década de 1970 todas as partes necessárias para a composição de um SIG passaram a existir, mas, para que o sistema fosse bem-sucedido, ele deveria pelo menos ser capaz de georreferenciar dados geográficos e gerenciar um banco de dados através de um único software, integrando, assim, os elementos básicos outrora separados e independentes.

Você conhece as principais características dos softwares de SIGs? Podemos dizer que o SIG progrediu lentamente quando comparado a outros tipos de sistemas de informações estratégicas, por exemplo: os de engenharia civil, administração de empresas e do mercado financeiro. Isso se explica uma vez que os dados e as informações geográficas são bem mais complexos, sendo de difícil

processamento quando comparado a outros sistemas de informação não geográficos. Os avanços tecnológicos condicionaram a maior capacidade de processamento de dados, e isso, sobretudo no âmbito dos SIGs, refletiu diretamente em sua aplicabilidade em áreas como administração pública, agências e institutos de pesquisa, empresas que prestam serviços na área ambiental, entre outras (GRANCHO, 2005).



Exemplificando

Você conhece algum outro sistema de informações estratégicas? Vamos ver as características de um CAD de uso livre? E de um SIG? Vamos conhecer um pouco mais sobre as características e diferenças entre eles? Acesse os sites:

INPE DPI (Divisão de Processamento de Imagens) – SIG. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

DraftSight Professional – CAD. Disponível em: <<https://www.3ds.com/products-services/draftsight-cad-software/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

As primeiras gerações dos softwares SIG não tinham interfaces amigáveis com os usuários, sendo necessário escrever os scripts dos comandos para que o computador executasse uma função. À medida que os sistemas computacionais evoluíram e passaram a atender às mais variadas aplicações, os desenvolvedores de softwares de SIG viram a necessidade de melhorar a interface gráfica dos programas. Isso deu início a uma nova geração de programas muito mais práticos, acessíveis e baratos, ocasionando sua inserção na sociedade.

Uma moderna geração de software GIS inclui mecanismos gráficos que facilitam muito as atividades dos profissionais. Dispõe do uso de janelas, ícones, menus e ponteiros, ou seja, uma configuração típica dos dias atuais. Esses novos softwares usam interfaces gráficas muito mais interativas que no passado, sobretudo com base no sistema de janelas. Com a popularização de sistemas como Microsoft Windows e X-Windows, com ferramentas de visualização e comunicação com o usuário, inaugurou-se uma nova fase do SIG, refletindo diretamente não só no modo como se produzia e processava a informação georreferenciada, mas também em novos meios e possibilidades nas áreas de cartografia, sensoriamento remoto, geografia e engenharia ambiental e florestal.



Os primórdios do SIG computacional remetem à utilização dele em terras canadenses para o monitoramento de recursos naturais e de uso do solo nesse território. Com os avanços tecnológicos, você consegue listar atividades executadas por softwares de geoprocessamento em estudos ambientais? Quais são as vantagens e desvantagens da utilização do SIG nesses estudos?

Hoje podemos afirmar que os softwares de SIG estão entre as tecnologias mais sofisticadas do mundo. Muitas empresas de engenharia, meio ambiente e tecnologia usam ferramentas de SIG em suas atividades diárias para resolver problemas complexos, gerar informação georreferenciada e tomar decisões, tornando esses sistemas parte fundamental do ganho auferido durante as operações comerciais das corporações, pois muitas prestações de serviços dependem dessas tecnologias.

Você sabe como adquirir, instalar e utilizar um SIG? O mercado de softwares é altamente competitivo e, como tal, oferece uma variedade de softwares GIS, tal como acontece em muitos outros nichos tecnológicos. Contudo, é importante entender que a escolha de um bom software não está necessariamente relacionada à sua capacidade de executar o maior número de tarefas, mas a executar as tarefas necessárias. Assim, o que importa é atender adequadamente o trabalho do profissional ou da empresa que presta determinado tipo de serviço. Portanto, a melhor escolha depende dos objetivos.

No Quadro 4.1 apresentamos uma lista de diversos softwares de SIG comerciais, ou seja, disponíveis para compra. No entanto, dos oito softwares selecionados para compor essa lista, destacamos quatro, por serem os que lideram o ramo em termos de flexibilidade, uso geral e inserção de vendas na área corporativa. São eles: ArcGIS da ESRI, IDRISI da Clark Labs, ENVI e GIS da Autodesk.

Quadro 4.1 | Softwares proprietários de GIS

Softwares	Endereço eletrônico	Destaque
ArcGIS	http://www.esri.com/software/arcgis/index.html	Análises vetorial e raster
Maptitude	http://www.caliper.com	Análise vetorial
GIS Design Server and Autodesk Map	http://www.autodesk.com	Desenho e análise vetorial
IDRISI Kilimanjaro	http://www.clarklabs.org	Análise raster e sensoriamento remoto
MapInfo	http://www.mapinfo.com	Análises vetoriais e banco de dados
Transcad	https://www.caliper.com/tcovu.htm	Redes de transportes
eSpatial	https://www.espatial.com/	Web Gis
ENVI	http://www.envi.com.br/	Sensoriamento remoto/SIG

Fonte: elaborado pelo autor.

Embora esses softwares sejam considerados populares e eficientes, cada um tem uma vocação específica que o destaca em suas operações. Nesse caso, o profissional deve examinar toda a gama de ambientes e aplicações GIS disponíveis e, assim, identificar o software que mais se adéqua às suas necessidades. Muitos softwares do mercado são bastante semelhantes nas operações básicas, mas cada um oferece particularidades que definem sua autonomia funcional. Igualmente, cada usuário do GIS tem um pré-requisito ou uma necessidade específica, e selecionar um software com base apenas em sua popularidade ou propaganda pode resultar em uma aquisição equivocada.

Assim, é importante que haja uma ampla pesquisa e testes antes de adquirir uma licença paga. Para isso, muitos softwares proprietários permitem que o usuário teste o produto por meio de licenças trial, que é um meio de acesso ao software de modo demonstrativo e com limitação de tempo. Com isso, a decisão sobre a aquisição do produto acaba por otimizar os investimentos e aumentar a efetividade de seu uso.

No Quadro 4.2, apresentamos os softwares livres de SIG ou de acesso livre. Mais uma vez, mostraremos aqueles que consideramos os mais importantes, simplesmente pelo fato de atenderem a funções específicas do usuário. Entre os softwares livres, o que mais se destaca atualmente é o Quantum Gis (QGIS), pois é um sistema multiplataforma com todas as funcionalidades básicas de captura, armazenagem, integração, análise e visualização de

mapas. Além disso, integra outros programas, como Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) e System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA), que são softwares livres lidos a partir do QGIS. Em suma, esse modelo de integração tornou o QGIS o software de SIG mais robusto entre os programas livres.

Contudo, existem outros softwares importantes. Para que você tenha uma percepção de suas qualidades, o Quadro 4.2 indica o nome do software, onde o encontrar e algumas especificações de destaque.

Quadro 4.2 | Softwares SIGs livres ou de acesso livre

Software livre de SIG	Endereço eletrônico	Funcionalidades que se destacam
QGIS	www.qgis.org	Ótimo em quase todas as aplicações SIG, pois dispõe de vários plugins que podem ser instalados on-line; tem acesso às ferramentas geoespaciais dos softwares SAGA e GRASS; possui plugins para visualização do Google Maps e BingMaps; ferramentas WebGis, além de ferramentas para hospedagem de mapas na web.
gvSIG	www.gvsig.com	Excelente para visualizações em 3D; tem ferramentas de CAD que poucos softwares possuem; existe uma versão gvSIG para celular que facilita a coleta de dados de campo por GPS.
SAGA GIS	www.saga-gis.org	Possui poderosas ferramentas de análise em geografia física; destaca-se nas funcionalidades para análise do terreno.
GRASS GIS	https://grass.osgeo.org	GIS completo com todas as ferramentas para processamento de imagem, manipulação digital do terreno e estatísticas, porém de manipulação mais complexa.
MapWindow	www.mapwindow.org/	Tem bom desempenho nas ferramentas básicas, como visualizador de mapas, ferramentas de processamento e layout de impressão.
ILWIS	http://52north.org	Destaca-se nas aplicações de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto (satélites; aéreas) e para análise do terreno.
Terraview	www.dpi.inpe.br/menu/Projetos/terraview.php	Tecnologia nacional. Mais voltado a análises vetoriais (pontos, linhas e áreas) e cartografia temática.
Sprig	www.dpi.inpe.br/spring/	GIS nacional completo com todas as ferramentas de geoprocessamento, porém se destaca nas ferramentas de sensoriamento remoto. De manipulação mais complexa.

Fonte: elaborado pelo autor.

Os softwares de SIG possuem versões para serem instaladas nas plataformas Windows, Mac OS e Linux, sendo a maioria de fácil instalação, bastando clicar sobre o arquivo instalador e seguir as telas de orientação. Os softwares de uso livre são geralmente os mais fáceis de serem instalados, pois não necessitam de verificação de licenças durante o processo de instalação. Os softwares multiplataforma, depois de instalados, exibem diferentes programas de processamento de dados. Podemos citar como exemplo o QGIS, que depois de instalado permite o acesso gratuito a diferentes plataformas. Veja na Figura 4.6 a versão 2.16.2 do QGIS instalada em sistema operacional Windows 10.

Figura 4.6 | Exemplo das plataformas disponibilizadas pelo SIG QGIS 2.16.2 em sistema operacional Windows 10

QGIS 2.16		1. Acesso ao software GRASS.
1.	 GRASS GIS 7.0.4	2. Periférico do software GRASS.
2.	 OSGeo4W Shell	3. QGIS <i>Browser</i> serve para gerenciar os arquivos geoespaciais em pastas de armazenamento.
3.	 QGIS Browser 2.16.2	4. QGIS <i>Browser</i> serve para gerenciar os arquivos geoespaciais em pastas de armazenamento do QGIS e GRASS.
4.	 QGIS Browser 2.16.2 with GRASS...	5. QGIS Desktop é o software QGIS propriamente dito. É por ele que todas as funcionalidades são acessadas.
5.	 QGIS Desktop 2.16.2	6. Inicia o software QGIS Desktop e as ferramentas do GRASS. Por aqui as funcionalidades de análise espacial são mais amplas.
6.	 QGIS Desktop 2.16.2 with GRASS...	7. Qt Designer with QGIS é uma ferramenta para projetar e criar interfaces gráficas.
7.	 Qt Designer with QGIS 2.16.2	8. Inicia o software SAGA versão 2.1.2
8.	 SAGA GIS (2.1.2)	9. Sistema OSGeo4w voltado para desenvolvedores (programação) de projetos GIS de código aberto.
9.	 Setup	

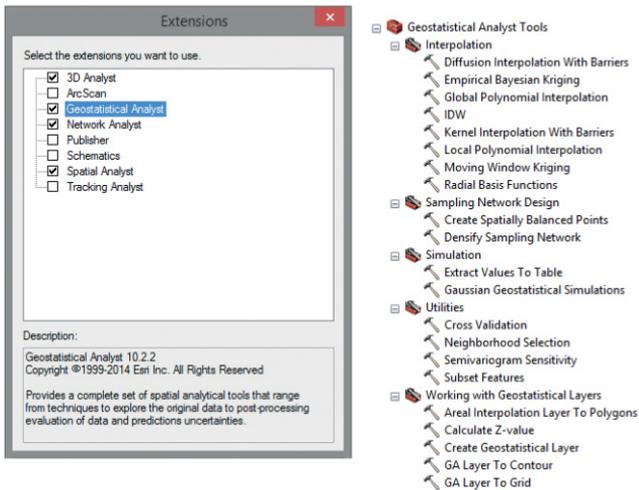
Fonte: adaptada de Software SIG QGIS 2.16.2.

Você conhece as aplicações dos SIGs na Engenharia Ambiental e Geografia? Nessas áreas, os softwares de SIG são fundamentais. Todas as atividades de mapeamentos, georreferenciamento e distribuição espacial de dados dependem desses sistemas.

Embora a maioria dos pacotes de software GIS compartilhe recursos semelhantes, alguns têm uma série de funções que estão integradas e disponibilizadas em sua instalação básica, enquanto

outros possuem extensões adicionais que necessitam ser adquiridas ou programadas. As empresas proprietárias de softwares (pagos) geralmente vendem separadamente essas extensões, pois cada uma serve para realizar análises específicas. Um exemplo é o pacote de extensões do ArcGIS, que vende extensões separadamente conforme podemos verificar na Figura 4.7.

Figura 4.7 | Tela de habilitação das extensões do ArcGIS 10.2.2 com destaque para a extensão Geostatistical Analyst (à esquerda). Exemplo das ferramentas disponíveis nesse pacote de ferramentas (à direita)



Fonte: adaptada de Software SIG ArcGIS 10.2.2.

Em termos gerais, as funções básicas que os softwares GIS oferecem são:

- Ferramentas de captura de dados: importam, digitalizam, vetorizam, registram e tabulam os dados geoespaciais.
- Ferramentas de gerenciamento de dados: recursos que armazenam, recuperam, editam, selecionam e transformam os dados geoespaciais.
- Ferramentas de análise de dados: aplicam recursos estatísticos, modelam, interpolam e integram os dados geoespaciais.
- Ferramentas de representação: são usadas para exibir e diagramar mapas e gráficos geoespaciais.

O usuário deve entender que essas ferramentas possuem múltiplas finalidades e que as combinações são infinitas. Utilizando-

se de criatividade e de reflexão sobre os mais diversos tipos de problemas que o mundo nos impõe e que precisam de soluções, é possível fazer uso dos recursos que todos esses softwares nos oferecem e propor soluções de variadas naturezas.

Além de funções básicas, um bom SIG deve oferecer maneiras diferenciadas de personalizar e criar novas ferramentas e aplicativos de acordo com necessidades específicas. Dependendo do software, isso pode ser feito por meio de linguagens de programação ou de linhas de comandos conhecidas, como o Visual Basic ou o Python. Uma linguagem bastante comum nos softwares é a Linguagem de Consulta Estruturada ou SQL.

Podemos dizer que os pacotes de softwares aqui apresentados dispõem das mais poderosas ferramentas de geoprocessamento e certamente atendem a uma robusta margem de aplicações comumente requisitadas, seja para a pesquisa científica, seja para o mercado privado, instituições de planejamento, gestão e fiscalização.



Pesquise mais

Você conhece o SIG ArcGIS? E sua interface? Acesse o site da Esri e faça o teste grátis para conhecer um pouco mais sobre esse SIG. Disponível em: <<http://www.arcgis.com/features/free-trial.html?origin=origin=ImagemBrasilAGOL>>. Acesso em: 16 dez 2017.

Sem medo de errar

Prezado aluno, após compreender alguns conceitos e o histórico dos SIGs, suas características, como adquirir, instalar e utilizar em aplicações para a Engenharia Ambiental e Geografia, agora você utilizará esse conhecimento para resolver a atividade desenvolvida na empresa JM Ambiental.

Durante suas pesquisas, você constatou a existência de diversos estudos e trabalhos que mostram a existência de diversos softwares SIGs com bom custo-benefício. Diante disso, quais são as diferenças entre eles? Como identificar qual é o software SIG mais adequado com base no que foi solicitado pela empresa?

Conforme verificamos no Quadro 4.2, o mercado de softwares é altamente competitivo e, como tal, oferece uma enorme variedade

de SIGs com diferenças sutis entre eles quanto à manipulação dos dados coletados em campo.

Quadro 4.2 | Softwares SIGs livres ou de acesso livre

Software livre de SIG	Endereço eletrônico	Funcionalidades que se destacam
QGIS	www.qgis.org	Ótimo em quase todas as aplicações SIG, pois dispõe de vários plugins que podem ser instalados on-line; tem acesso às ferramentas geoespaciais dos softwares SAGA e GRASS; possui plugins para visualização do Google Maps e BingMaps; ferramentas WebGis, além de ferramentas para hospedagem de mapas na web.
gvSIG	www.gvsig.com	Excelente para visualizações em 3D; tem ferramentas de CAD que poucos softwares possuem; existe uma versão gvSIG para celular que facilita a coleta de dados de campo por GPS.
SAGA GIS	www.saga-gis.org	Possui poderosas ferramentas de análise em geografia física; destaca-se nas funcionalidades para análise do terreno.
GRASS GIS	https://grass.osgeo.org	GIS completo com todas as ferramentas para processamento de imagem, manipulação digital do terreno e estatísticas, porém de manipulação mais complexa.
MapWindow	www.mapwindow.org/	Tem bom desempenho nas ferramentas básicas, como visualizador de mapas, ferramentas de processamento e layout de impressão.
ILWIS	http://52north.org	Destaca-se nas aplicações de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto (satélites; aéreas) e para análise do terreno.
Terraview	www.dpi.inpe.br/menu/Projetos/terraview.php	Tecnologia nacional. Mais voltado a análises vetoriais (pontos, linhas e áreas) e cartografia temática.
Sprig	www.dpi.inpe.br/sprig/	GIS nacional completo com todas as ferramentas de geoprocessamento, porém se destaca nas ferramentas de sensoriamento remoto. De manipulação mais complexa.

Fonte: elaborado pelo autor.

Contudo, o que diferencia os SIGs existentes no mercado, além de serem pagos ou livres, é sua capacidade de executar o maior número de tarefas e as tarefas necessárias para os estudos e trabalhos solicitados. Assim, o que importa é atender adequadamente ao trabalho do profissional ou da empresa que presta determinado tipo de serviço. Portanto, a melhor escolha depende dos objetivos.

E como seria a escolha do software SIG mais adequado com

base no que foi solicitado pela empresa? Entre os softwares livres, o que mais se destaca hoje é o Quantum GIS (QGIS), pois é um sistema multiplataforma com todas as funcionalidades básicas de captura, armazenagem, integração, análise e visualização de mapas. Além disso, integra outros programas como Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) e System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA), que são softwares livres lidos a partir do QGIS. Em suma, esse modelo de integração tornou o QGIS o software de SIG mais robusto entre os programas livres.

Desse modo, vemos como é importante conhecer e entender a utilização do geoprocessamento para a tomada de decisão nos estudos ambientais.

Avançando na prática

Problema no SIG e trabalho com curto prazo de entrega: como resolver?

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro ambiental e está atualmente trabalhando na Geolocation Geotecnologias, que é uma empresa de prestação de serviço na área de geotecnologias. Nela você realiza diversos estudos nas áreas ambiental, agrícola e urbana.

A Geolocation, conforme solicitação de algumas empresas contratantes, precisa trabalhar com SIG pago, nesse caso, o ArcGIS, porque ele possui boa análise vetorial e de raster. Suponha que, em um trabalho com prazo curto de entrega, o software pare de se conectar com a internet, o que impossibilita que você realize algumas atividades necessárias para a finalização dessa demanda. Seu supervisor entra em contato com a assistência técnica do software para solucionar o problema, mas ela avisa que serão necessários alguns dias para solucionar o problema. Como você finalizará o trabalho solicitado dentro do prazo sem o ArcGIS?

Resolução da situação-problema

Para finalizar e entregar o trabalho dentro do prazo, você precisará utilizar outro SIG. Uma opção para resolver esse problema é escolher um SIG livre, que atenda às suas necessidades em relação às funções

que está utilizando no estudo. Existem softwares de uso livre de fácil instalação e manuseio. Os softwares multiplataforma, depois de instalados, exibem diferentes programas de processamento de dados. Um exemplo é o QGIS, que depois de instalado permite o acesso gratuito a diferentes plataformas. Hoje, o SIG livre que mais se destaca é de fato o QGIS, pois é um sistema multiplataforma que possui todas as funcionalidades básicas de captura, armazenagem, integração, análise e visualização de mapas; além disso, ele tem integração com outros programas, o que permite que ele interaja com diferentes tipos de dados oriundos de outros SIG, como é o caso dos dados iniciados no ArcGIS, os quais poderão ser abertos no QGIS para manipulação e consequente finalização do trabalho dentro do prazo solicitado.

Faça valer a pena

1. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foram desenvolvidos nas décadas de 1950 e 1960, principalmente no setor público. Nas décadas de 1970 e 1980, desenvolveu-se uma vigorosa indústria do SIG, com liderança clara dos EUA. Os SIGs tiveram uma grande influência sobre a disciplina de Geografia nos anos 1980 e 1990, diversamente visto como um fator crítico na revitalização acadêmica dessa disciplina.

Fonte: MARK, D. M. et al. The GIS history project. Getzville: Universidade de Buffalo, 1996. Disponível em: <http://www.ncgia.buffalo.edu/ncgia/gishist/bar_harbor.html>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Os SIGs se desenvolveram fortemente a partir do advento das tecnologias computacionais. Sua ascensão no setor público, privado e acadêmico se deve ao fato de ser uma poderosa ferramenta para:

- a) A produção cartográfica.
- b) A captura de dados geográficos.
- c) O georreferenciamento de dados.
- d) O monitoramento de recursos ambientais.
- e) A análise espacial.

2. “[...] é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades.”

Fonte: QGIS Org. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Com base nesse texto que descreve algumas características de um software SIG, pode-se concluir que se trata de um software:

- a) Livre e multiplataforma.
- b) Proprietário e multiplataforma.
- c) Livre e para um só sistema operacional.
- d) Proprietário e para um só sistema operacional.
- e) Multiplataforma e livre apenas o setor público.

3. “Em muitos aspectos, o SIG apresenta uma visão simplificada do mundo real. A percepção do mundo real depende do observador, pois os processos e as realidades são irregulares e estão em constante mudança.” (FAZAL, 2008)

Assinale a alternativa que contém uma função executável por um software de SIG.

- a) Trata-se de uma matriz que pode ser definida como sendo uma função (X, Y).
- b) Mapear imagens de drone/VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) em tempo real.
- c) Mapear imagens da Terra em tempo real.
- d) Georreferenciar eventos em pontos, linhas e áreas.
- e) Publicar imagens da Terra em tempo real na Web

Seção 4.3

Tomada de decisão e geração de critérios

Diálogo aberto

Prezado aluno, seja bem-vindo à terceira seção da unidade quatro que compõe a disciplina Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Para continuar se aprofundando no mundo das geotecnologias, é necessário que você estude os métodos utilizados para caracterizar, diagnosticar e quantificar as mudanças ocorridas no meio ambiente em tempo real. Para isso, convidamos você a refletir sobre a metodologia multicritério: Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (*Multi-criteria Decision Analysis – MCDA*) e Metodologia Multicritério de Tomada de Decisão (*Multi-criteria Decision Making – MCDM*), no que corresponde a conceitos e aplicações, álgebra de mapas, Sistema de Informações Geográficas (SIG), processo decisório e também sobre o geoprocessamento nas diferentes áreas do conhecimento.

Como vimos ao longo de nossos estudos, o SIG é empregado para gerenciar e representar informações do processo decisório de estudos e levantamentos ambientais. Para a correta tomada de decisão é necessário que a fonte de dados esteja correta, pois, se for utilizado um banco de dados incorreto ou que gere dúvidas aos usuários, essas informações não poderão ser utilizadas na tomada de decisão.

Você foi contratado recentemente pela JM Ambiental, uma empresa de consultoria ambiental, para realizar estudos, mapeamentos e licenciamentos ambientais. Logo após sua entrada na empresa, você foi questionado quanto ao uso de softwares de SIGs e receptores GNSS em estudos ambientais. Com o intuito de adquirir novos aparatos, lhe foi solicitado que destacasse os pontos importantes e/ou as diferenças entre os produtos disponíveis no mercado. Com base na solicitação feita, como você procederá para demonstrar as vantagens e desvantagens das escolhas feitas em relação aos softwares SIGs e aos receptores GNSS?

Nesta seção, você conhecerá todos os conteúdos necessários para que possa realizar a atividade solicitada e também para que possa se preparar para o mercado de trabalho. Bons estudos!

Não pode faltar

Você já ouviu falar sobre metodologia multicritério? E sobre seus conceitos e aplicações? A avaliação multicritério é um tipo de análise para a tomada de decisão. Envolve um conjunto de procedimentos cuja finalidade é decidir sobre um problema. A estratégia básica é, então, dividir o problema em partes, analisar cada uma das partes isoladamente, compreendê-las e depois voltar a integrá-las ao problema, só que agora com uma compreensão mais profunda do todo.

A avaliação multicritério está relacionada com a análise de decisão e surgiu por volta da década de 1960, com origem e aplicação em duas áreas distintas: administração de empresas e tecnologia. Na Administração, a análise de decisão procurava resolver problemas relacionados à gestão de recursos variados, já no campo das tecnologias o conhecimento tinha por objetivo resolver questões relativas à interação homem– máquina na resolução de problemas.

Segundo Jacek Malczewski (1999), estima-se que 80% dos dados usados pelos gestores e profissionais que utilizam o conceito de tomada de decisão dos mais variados segmentos são de ordem geográfica. Assim, os problemas de decisão, quando ligados a dados georreferenciados, implicam resolver problemas cujo lugar tem importância. Em linhas gerais, isso se aplica a inúmeras realidades, que podem ser desde a seleção de locais para a instalação de novos hospitais, escolas e fábricas até o manejo de áreas florestais e bacias hidrográficas. A construção e manutenção de infraestruturas como hidrelétricas, ferrovias e portos precisam ser planejadas com base em estratégias geográficas.

Em organizações públicas e privadas, por vezes há a necessidade de se tomar uma decisão sobre um problema geográfico que, por sua vez, pode envolver uma infinidade de alternativas conflitantes entre si. A análise multicriterial, por meio do SIG, lida, portanto, com essas situações, capturando informações em bases capazes de integrá-las e processá-las, de modo a produzir resultados que permitam ao profissional fazer recomendações a gestores em seu processo de tomada de decisão.

Os dados só têm valor na sociedade se forem transformados em informação. Para a análise multicriterial, os dados por si só têm

pouca importância, no entanto são matéria-prima preciosa para a tomada de decisão. Mas, para que isso seja possível, a primeira coisa a se fazer com os dados brutos é transformá-los em informação.



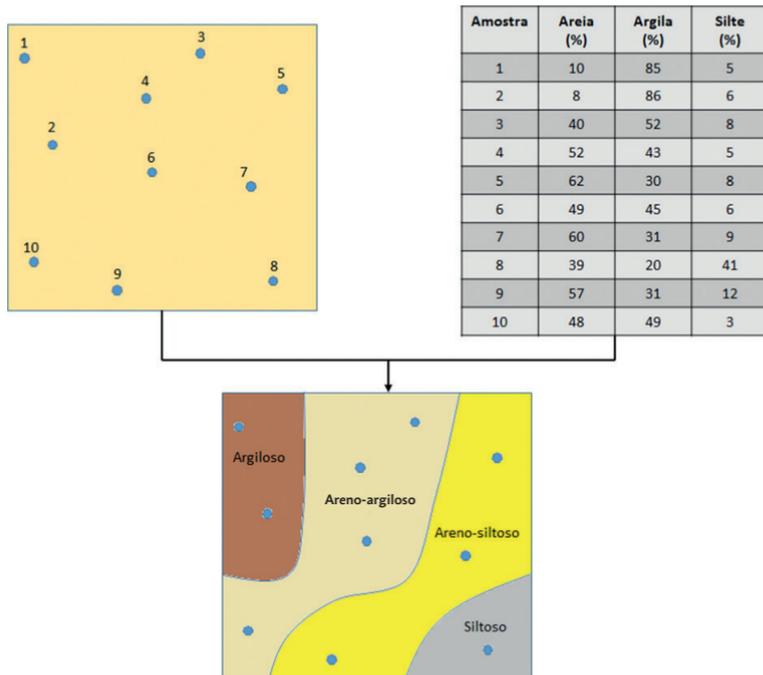
Assimile

Inicialmente, é necessário coletar os dados para depois organizá-los, analisá-los e interpretá-los, de modo a obter resultados. Só assim haverá informações relevantes no contexto de uma decisão a ser tomada.

Para ilustrarmos a diferença entre dados e informações espaciais (ou geográficas), tomemos como exemplo o estudo do solo. Se fôssemos classificar os tipos de solo de dada região, poderíamos considerar diferentes critérios, no entanto poderíamos tratá-lo em uma perspectiva simplificada, considerando suas características texturais (granulometria), ou seja, a fração argila/silte/areia. Se em dado território classificarmos a porcentagem de cada uma das frações em diferentes pontos do terreno, conseguiremos produzir um mapa da distribuição espacial dessa informação, certo? Com isso, estamos não apenas produzindo dados, mas informações que são relevantes.

A Figura 4.8 ilustra essa questão em um território hipotético, mostrando dados referentes a dez pontos de amostragem de solo. A tabela (à direita da imagem) mostra os dados da fração argila/silte/areia, e, por fim, o mapa (abaixo da imagem) representa os dados transformados em informação após serem analisados, agrupados e classificados. Resumindo, os dados foram transformados em informação geográfica.

Figura 4.8 | Dados transformados em informação geográfica



Fonte: elaborada pelo autor.

Você sabe como é feita a álgebra de mapas? Conhece sua aplicação no processo decisório? Como afirmado anteriormente, quando precisamos tomar uma decisão acerca de algum problema, lidamos com mais de uma variável. Se pensarmos no mapa de solos, ele sozinho não responde a uma questão relacionada à erosão ou ao assoreamento de um rio, mas, se levarmos em consideração outros mapas e critérios, pode ser que obtenhamos uma resposta satisfatória. Uma vez que dispomos de outros tipos de informações relevantes, como no caso das questões geográficas, elas geralmente se expressam na forma de mapas, porém o passo seguinte é combiná-las para criarmos um novo mapa. Uma metodologia muito conhecida é a sobreposição de mapas, conhecida em inglês como overlay.

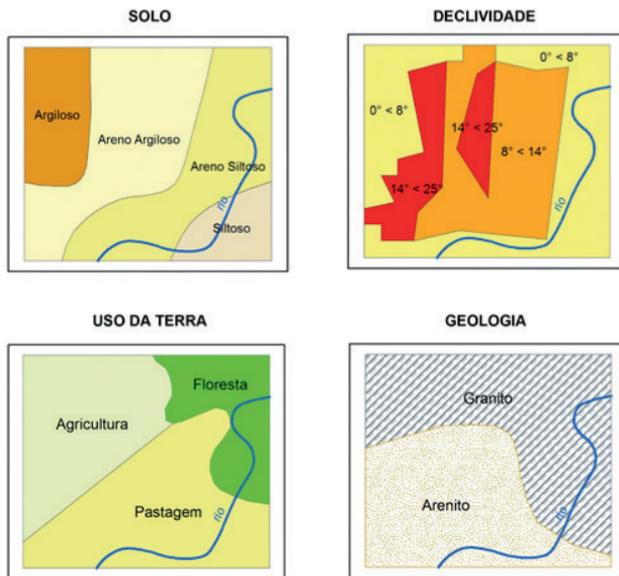
A sobreposição de mapas é uma das mais poderosas ferramentas disponíveis no SIG. Se fizermos uma operação de sobreposição de diferentes mapas temáticos sobre uma mesma área, veremos as divisões dos territórios combinando diferentes maneiras e permitindo interpretações e análises. Usar papéis transparentes

é algo ultrapassado nos dias atuais, mas por meio dessa técnica obteríamos facilmente uma explicação da distribuição espacial das diferentes características do terreno, interpretando os mapas sobrepostos e desenhando as áreas resultantes da combinação dos temas vistos nas sobreposições. Os SIGs modernos dispõem de ferramentas práticas que permitem realizar essa tarefa de forma muito mais eficiente.

Todo software profissional de SIG, pago ou gratuito, possui ferramentas de sobreposição que permitem aplicar métodos de sobreposição e produzir novos mapas. Para ilustrar o que estudamos até aqui, vamos considerar uma situação em que um pequeno rio está sendo assoreado e é necessário que os gestores tomem uma decisão ambiental adequada para minimizar essa situação e controlar o problema.

Primeiramente, selecionamos quatro mapas relevantes para a análise dessa situação, conforme vemos na Figura 4.9.

Figura 4.9 | Mapas utilizados para a tomada de decisão



Fonte: elaborada pelo autor.



Perceba que quatro critérios podem nos ajudar a compreender melhor o problema do assoreamento do rio. No entanto, cada tema tem suas características particulares, e, embora todos tratem de um tema de ordem ambiental, eles são independentes entre si. Diante de tal fato, ficam perguntas para a reflexão: como combinar temas diferentes? Existem outros métodos que podem ser utilizados?

Pela análise multicriterial é possível adequar cada um dos temas e, assim, combiná-los de forma que façam sentido. Então, mãos à obra!

O primeiro passo é transformar as classes temáticas de cada mapa em números. Isso mesmo! Na álgebra de mapas, trabalhamos com dados numéricos, e os fenômenos ou fatos estudados precisam ser expressos numericamente para que possamos realizar o processamento no SIG. Essa transformação em números não pode ser de forma aleatória, mas sim com base em algum conhecimento. Isso deve ser feito com muito critério e, se possível, usando uma referência teórica validada.

Ilustraremos como funciona o processo de combinação de mapas tendo em vista a tomada de decisão. A intenção, portanto, é mostrar como a análise multicriterial pode ser de grande importância para a solução de problemas. Vamos considerar que nosso objetivo seja avaliar se determinado critério tem pouco ou muito peso de importância no processo de erosão e, conseqüentemente, no processo de assoreamento do rio. Mas, antes de continuarmos, perceba que, no exemplo aqui adotado, uma questão precisa ser analisada. Note que temos quatro mapas sobre quatro diferentes assuntos e cada mapa contém diferentes classes temáticas:

- Solo: argiloso, areno-argiloso; areno-siltoso; siltoso.
- Declividade: $0^\circ < 8^\circ$; $8^\circ < 14^\circ$; $14^\circ < 25^\circ$.
- Uso da terra: agricultura; floresta; pastagem.
- Geologia: granito; arenito.

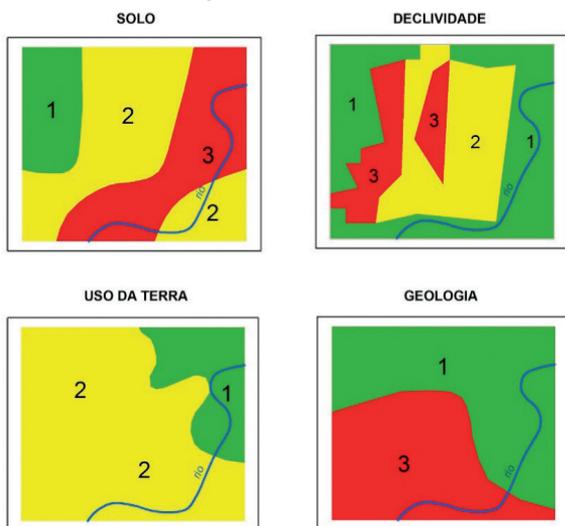
Perceba que, no contexto de erosão, cada classe temática se diferencia entre si e contribui de forma diferente para o processo erosivo. Então, o que fazer?

Primeiramente, é necessário analisarmos cada tema em particular e atribuir um peso de importância a cada classe temática, tendo em mente o problema a ser resolvido e o peso de importância daquela classe temática isoladamente em relação às classes semelhantes. Por exemplo, as declividades do terreno que estão entre as faixas de 0° a 8° contribuem menos para os processos erosivos do terreno do que as declividades que estão acima de 8° até 14°, que, por sua vez, são menos importantes que as declividades acima de 14°. Então, para cada uma dessas faixas de declividades aplicamos um peso, ou seja, um valor. Nesse caso, os valores mais baixos representarão uma situação boa, enquanto os valores altos representarão uma situação ruim. Para isso, adotaremos o seguinte procedimento:

- Se o critério contribui pouco para o processo, sua nota será 1.
- Se o critério contribui medianamente para o processo, sua nota será 2.
- Se o critério contribui muito para o processo, sua nota será 3.

Assim, quanto maior for a importância do critério para o aumento da erosão, maior será a nota (Figura 4.10).

Figura 4.10 | Demonstração dos valores de cada critério nos mapas

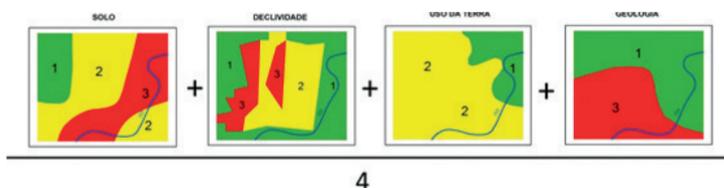


Fonte: elaborada pelo autor.

Uma vez que as classes temáticas são traduzidas em números, temos como combinar os mapas, pois estão padronizadas em

uma mesma escala de valores, possibilitando a combinação dos diferentes mapas. Neste momento, o raciocínio deve ser voltado para o julgamento da importância de cada mapa no processo decisório. Para isso, existem variados critérios, mas uma alternativa é atribuir um peso igual a todos os mapas. Nesse caso, os valores de cada classe temática permanecem os mesmos, e o resultado da soma das notas equivalentes dos mapas, dividido pelo número total de mapas (média simples), gera um valor médio para cada território em sobreposição. Pode parecer estranho fazer matemática com mapas, mas é perfeitamente plausível, pois todos os mapas estão na mesma escala, sob as mesmas coordenadas e com todos os territórios transformados em números na mesma escala de valores. Então, basta usarmos álgebra entre os mapas para obtermos um mapa final com a média de todos os valores contidos em cada mapa, conforme podemos verificar na Figura 4.11.

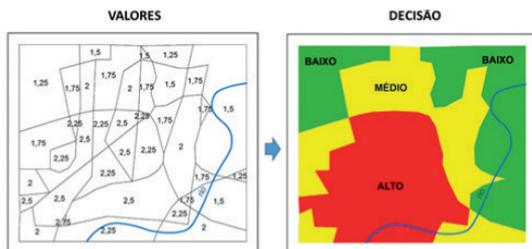
Figura 4.11 | Álgebra de mapas



Fonte: elaborada pelo autor.

Veja que no mapa da Figura 4.12, à esquerda, os territórios combinados ficaram fracionados em várias pequenas áreas, e no interior de cada uma delas há valores que variam em torno de 1 e 3, já no mapa à direita os valores foram agrupados em cores, com uma indicação graduada (baixo, médio e alto).

Figura 4.12 | Resultado da álgebra de mapas



Fonte: elaborada pelo autor.

Esse resultado deve ser interpretado como um indicador para o objetivo proposto inicialmente, que é compreender como os temas (mapas) em conjunto influenciam na erosão do terreno e, conseqüentemente, no processo de assoreamento do rio. Portanto, devem ser interpretados da seguinte forma:

- Os valores entre 0 e 1, representados na cor verde, têm baixa influência.
- Os valores acima de 1 até 2, representados na cor amarela, têm média influência.
- Os valores acima de 2, representados na cor vermelha, têm alta influência.

Enfim, a análise multicritério é um procedimento metodológico interativo e flexível. Interativo porque depende do uso de conhecimento e da própria criatividade no processo de elaboração e combinação dos mapas e é flexível porque pode ser aplicado para diversos fins.



Exemplificando

Veja um exemplo de como é realizada a álgebra de mapas no SIG QGIS.

GIS 2015 08 QGIS raster calculator. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=LM-tnv6-4bM>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

Você sabe em quais áreas do conhecimento o geoprocessamento pode ser utilizado?

Como já vimos, o geoprocessamento é o conjunto de tecnologias que são capazes de coletar e tratar informações georreferenciadas, permitindo o desenvolvimento de novas aplicações constantemente. Atualmente seu uso em diferentes áreas do conhecimento é bastante amplo, ou seja, não fica restrito somente às áreas agrícola e ambiental. Podemos utilizar suas ferramentas no planejamento e ordenamento territorial, como o planejamento urbano de uma cidade. Conforme menciona Câmara et al. (2002), podemos utilizar os recursos do geoprocessamento em diferentes situações do cotidiano, por exemplo:

- Epidemiologistas coletam dados sobre a ocorrência de doenças. A distribuição dos casos de uma doença forma um padrão no

espaço? Existe associação com alguma fonte de poluição?

- Deseja-se investigar se existe alguma concentração espacial na distribuição de roubos. Roubos que ocorrem em determinadas áreas estão correlacionados com as características socioeconômicas dessas áreas?
- Geólogos desejam estimar a extensão de um depósito mineral em uma região com base em amostras. Pode-se usar essas amostras para estimar a distribuição do mineral na região?
- Deseja-se analisar uma região para fins de zoneamento agrícola. Como escolher as variáveis explicativas – solo, vegetação, geomorfologia – e determinar a contribuição de cada uma delas para definir o tipo de cultura mais adequado para cada local?

Esses usos citados se devem, no momento atual, às ferramentas existentes nas geotecnologias que conseguem capturar, gerenciar, analisar e representar as informações espaciais, e, com isso, gerar dados e informações para a tomada de decisão em diferentes áreas do conhecimento, permitindo assim sua interdisciplinaridade.



Pesquise mais

Acesse o site do Laboratório de Geoprocessamento – Escola de Arquitetura da UFMG e leia o artigo sobre o Geoprocessamento no Planejamento Urbano. Disponível em: <<http://geoproea.arq.ufmg.br/publicacoes/2011/geoprocessamento-no-planejamento-urbano>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, após estudar a Metodologia Multicritério: Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão e Metodologia Multicritério de Tomada de Decisão (conceitos e aplicações, álgebra de mapas, Sistema de Informações Geográficas (SIG), processo decisório e geoprocessamento nas diferentes áreas do conhecimento), chegou o momento de você utilizar esses conhecimentos para resolver a atividade a ser desenvolvida na empresa.

Como vimos ao longo de nossos estudos, o SIG é empregado para o gerenciamento e a representação de informações do processo decisório de estudos e levantamentos ambientais. Para a

correta tomada de decisão, é necessário que a fonte de dados esteja correta, pois, se forem utilizados dados incorretos ou que gerem dúvidas aos usuários, essas informações não poderão ser utilizadas na tomada de decisão. Desta forma e com base na solicitação feita pela JM Ambiental, como você procederá para demonstrar as vantagens e desvantagens das escolhas feitas em relação aos softwares SIGs e aos receptores GNSS?

Para demonstrar que o SIG e o receptor GNSS escolhidos foram uma decisão acertada e que sua escolha foi com base em informações técnicas e estudos recentes, você demonstrará que eles conseguem integrar os dados coletados e processá-los conforme é mostrado no Quadro 4.3, de modo a produzir resultados que permitam que o especialista (ou você mesmo) faça recomendações aos gestores em seu processo de tomada de decisão.

Quadro 4.3 | Software SIG escolhido e suas funcionalidades técnicas

Software livre escolhido de SIG	Endereço eletrônico	Funcionalidades técnicas em que se destaca
QGIS	www.qgis.org	Ótimo em quase todas as aplicações SIG, pois dispõe de vários plugins que podem ser instalados on-line; tem acesso às ferramentas geoespaciais dos softwares SAGA e GRASS; possui plugins para visualização do Google Maps e BingMaps; ferramentas WebGis, além de ferramentas para hospedagem de mapas na Web.

Fonte: elaborado pelo autor.

Estudos e reportagens recentes sobre modelos de receptores GNSS podem ser encontrados em:

- SHIRATSUCHI, L. S.; ZIVIANI, A. C.; MARTINS, F. da S. Comparação de Modelos Receptores GPS para utilização na Agricultura de Precisão. Planaltina-DF: EMBRAPA CERRADOS, 2004 (Comunicado Técnico 112 EMBRAPA-CPAC). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26613/1/comtec_112.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.
- ROSALEN, D. L. et al. Acurácia na determinação da posição pelos métodos de posicionamento por pontos simples e por posicionamento diferencial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – ConBAP, 43., 2014, Estância São Pedro. **Resumos...** Estância São Pedro, 2014. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/5133549-Acuracia-na-determinacao->

da-posicao-pelos-metodos-de-posicionamento-por-pontos-simples-e-por-posicionamento-diferencial.html>. Acesso em: 20 jan. 2018.

- HECKE, C. Alta precisão: nova geração de GPS reconhece posicionamento a cada 60 centímetros. **Tecmundo**, 22 abr. 2011. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/gps/9725-alta-precisao-nova-geracao-de-gps-reconhece-posicionamento-a-cada-60-centimetros.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

Após realizada a pesquisa, ficou evidenciado que os receptores de navegação mais comuns e mais acessíveis em termos de custo podem fornecer as coordenadas geográficas com uma precisão de 5-10m, já os GPS Geodésicos e RTK, como são receptores de alta precisão, fornecem dados com a precisão de milímetros, o que torna esses equipamentos mais caros quando comparados a receptores de navegação comuns.

A escolha do melhor equipamento a ser utilizado em estudos ambientais dependerá do tipo de estudo a ser executado, se necessitará coletar pontos em fundos de vales muito profundos, próximos a edifícios altos, linhas de transmissão de alta voltagem, radares, antenas, florestas densas etc., pois cada tipo de levantamento de campo demandará um equipamento com precisão de milímetros.

Você mostrará também que os dados coletados só terão valor se forem transformados em informação, pois os dados por si só têm pouca importância, no entanto eles são matéria-prima preciosa para a tomada de decisão. Desse modo, o receptor GNSS escolhido permite coletar dados que serão fundamentais na tomada de decisão, pois, além de coletar os dados em campo, e o receptor GNSS permite fazer isso, deve-se ficar atento, pois o SIG escolhido deve permitir organizá-los, analisá-los e interpretá-los, de modo a obter resultados e informações relevantes no contexto de uma decisão a ser tomada.

Desse modo, o raciocínio deve se voltar para o julgamento da importância de cada um no processo decisório. Por esse motivo, o SIG e o receptor escolhidos necessitam interagir entre si para uma melhor tomada de decisão. Desse modo, é importante conhecer e entender a utilização do geoprocessamento para a tomada de decisão nos estudos ambientais.

Mapa de suscetibilidade para pragas

Descrição da situação-problema

Você é o engenheiro ambiental responsável pelos mapeamentos e estudos ambientais na usina de cana-de-açúcar Progresso Brasil, que está localizada no Estado de Mato Grosso. Devido aos altos custos dos defensivos químicos e aos impactos ambientais que eles ocasionam na região onde está localizada a usina, você propõe a criação de um mapa de suscetibilidade para pragas, para identificar os locais onde há propensão a pragas. O objetivo é antecipar o problema e utilizar mais defensivos biológicos que não afetem o meio ambiente em vez de defensivos químicos. Como você identificará esses locais suscetíveis a pragas?

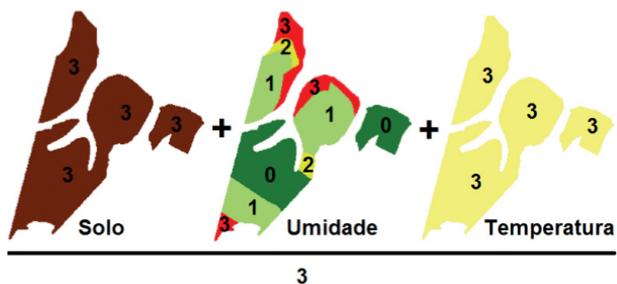
Resolução da situação-problema

Você utilizará uma análise multicritério, recorrendo à álgebra de mapas e utilizando mapas de fatores geográficos, como solo, umidade e temperatura. Nesse caso, os valores mais baixos representarão uma situação boa, e os valores altos, uma situação ruim. Para isso, adotaremos o seguinte procedimento:

- Se o critério contribui pouco para a infestação de pragas, sua nota será 1.
- Se o critério contribui medianamente para a infestação de pragas, sua nota será 2.
- Se o critério contribui muito para a infestação de pragas, sua nota será 3.

Assim, quanto maior for a importância do critério para a infestação de pragas na cana-de-açúcar, mais alta será sua nota (Figura 4.13).

Figura 4.13 | Álgebra de mapas

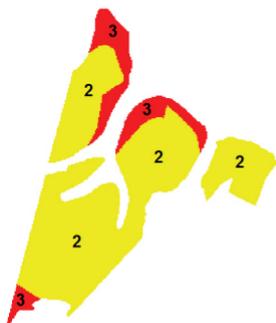


Fonte: elaborada pelo autor.

A partir deles, será criado outro mapa (Figura 4.14) mostrando os locais mais suscetíveis a pragas. Por meio desse novo mapa será possível antecipar o problema e reduzir, assim, o uso de defensivos químicos. Portanto, os resultados devem ser interpretados da seguinte forma:

- Os valores entre 0 e 1 têm baixa influência na infestação.
- Os valores acima de 1 até 2 têm média influência na infestação.
- Os valores acima de 2 têm alta influência na infestação.

Figura 4.14 | Resultado da álgebra de mapas



Fonte: elaborada pelo autor.

Com o uso da álgebra de mapas será possível identificar os locais mais propensos à infestação de pragas na cana-de-açúcar e, com isso, propor uma solução aos impactos ambientais acarretados pelo uso de defensivos químicos no meio ambiente, aumentando o uso de defensivos biológicos.

Faça valer a pena

1. “[...] condição subjetiva que permite optar, isto é, fazer uma escolha. Trata-se daquilo que sustenta um juízo de valor.”

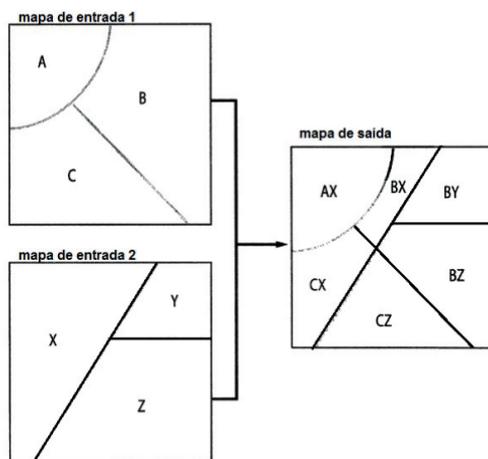
Fonte: <<https://conceito.de/criterio>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

A frase apresentada faz referência ao conceito de:

- a) Análise.
- b) Decisão.
- c) Importância.
- d) Procedimento.
- e) Critério.
- e) Dados externos à empresa.

2. Observe a Figura 4.15:

Figura 4.15 | Mapas de entrada e saída



Fonte: elaborada pelo autor.

O esquema da Figura 4.15 mostra uma operação comum nos SIGs muito utilizada na análise multicritério. Trata-se da:

- a) Sobreposição de mapas.
- b) Ponderação de mapas.
- c) Dado e informação cartográficos.
- d) Decisão espacial.
- e) Mapeamento temático.

3. Um tomador de decisão elaborou três mapas (A, B e C) e os combinou de duas maneiras diferentes. Veja:

Combinação 1: $(A + B + C) / 3$

Combinação 2: $((2 * A) + (B) + (3 * C)) / 6$

De acordo com a álgebra de mapas adotada pelo tomador de decisão, pode-se afirmar que:

- a) Ambas as combinações produziram os mesmos resultados.
- b) Na combinação 1, todos os mapas têm a mesma importância.
- c) A combinação 2 resultou em uma média simples entre os mapas.
- d) Não é possível fazer operações matemáticas entre mapas.
- e) Na combinação 2, os resultados são melhores que na combinação 1.

Referências

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: _____. **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2002. v. 2. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/geopr_prog_engamb/Aula13_ea/analise_espacial_geoproc_gcâmara.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

DRAFTSIGHT Professional – CAD. Disponível em: <<https://www.3ds.com/products-services/draftsight-cad-software/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

FAZAL, S. **GIS basics**. New Delhi: New Age International Limited Publishers, 2008.

GRANCHO, N. J. R. **Origem e evolução recente dos Sistema de Informação Geográfica em Portugal**. 2005. 167 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Estatística e Gestão da Informação, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2005.

INPE DPI (Divisão de Processamento de Imagens) – SIG. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

LAGO, I. F.; FERREIRA, L. D. D.; KRUEGER, C. P. GPS E GLONASS: aspectos teóricos e aplicações práticas. **Bol. Ciênc. Geod.**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 37-53, 2002.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1999. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=2Zd54x4_2Z8C&oi=fnd&pg=PR1&dq=MALCZEWSKI,+J.+GIS+and+multicriteria+decision+analysis.+John+Wiley+%26+Sons:+New+York.+1999&ots=FJYkOQIJ4U&sig=xwYrXCnQvBAAhVPyYd1VUHvITco#v=onepage&q=MALCZEWSKI%2C%20J.%20GIS%20and%20multicriteria%20decision%20analysis.%20John%20Wiley%20%26%20Sons%3A%20New%20York.%201999&f=false>. Acesso em: 20 jan. 2018.

MARK, D. M.; CHRISMAN, N.; FRANK, A. U.; MCHAFFIE, P. H.; PICKLES, J. **The GIS history project**. Getzville: Universidade de Buffalo, 1996. Disponível em: <http://www.ncgia.buffalo.edu/ncgia/gishist/bar_harbor.html>. Acesso em: 16 dez. 2017.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008. 476p.

RAMAWICKRAMA, Y.; VIJAYANGA, J.; DHARMARATHNE, R.; WIJESOORIYA, H. **The Future of GNSS in the Next Ten years**. Palestra proferida em 3º AP-SGW em Los Banos, Filipinas, nos dias 12 e 13 novembro de 2016.

SOBEL, D. **Longitude: a verdadeira história do gênio solitário que resolveu o maior problema científico do século XVIII**. São Paulo: Companhia de Bolso, 2008.

ISBN 978-85-522-0678-1



9 788552 206781 >