

INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO

Prof. Pedro Henrique Machado Porath



Indaial. – 2020

1ª Edição



Copyright © UNIASSELVI 2020

Elaboração:

Prof. Pedro Henrique Machado Porath

Revisão, Diagramação e Produção:

Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI

Ficha catalográfica elaborada na fonte pela Biblioteca Dante Alighieri
UNIASSELVI – Indaial.

P832i

Porath, Pedro Henrique Machado

Introdução ao geoprocessamento. / Pedro Henrique Machado Porath.
– Indaial: UNIASSELVI, 2020.

219 p.; il.

ISBN 978-65-5663-325-1

ISBN Digital 978-65-5663-326-8

1. Geoprocessamento. - Brasil. II. Centro Universitário Leonardo da Vinci.

CDD 910.285

APRESENTAÇÃO

Prezado acadêmico, bem-vindo ao **Livro Didático Introdução ao Geoprocessamento!** Este livro é dividido em três unidades: Unidade 1 – Conhecimentos Fundamentais para o Geoprocessamento; Unidade 2 – Sistemas de Informação Geográfica; e Unidade 3 – INDE, Produção da Geoinformação e Ferramentas de Software SIG.

Na Unidade 1, será apresentada a definição de geoprocessamento e, na sequência, será tratada um pouco da história do geoprocessamento, além das primeiras iniciativas globais e no Brasil, por consequência. Nesta unidade, também serão apresentados os fundamentos básicos da geodésia e cartografia, como sistema de referência geodésico, sistema de projeção, elementos e convenções cartográficas. Por fim, ainda, será apresentado o conjunto de tecnologias que representam o geoprocessamento, como: topografia, GNSS, sensoriamento remoto, cartografia digital e desenho assistido por computador.

A Unidade 2 trata, especificadamente, da principal ferramenta do geoprocessamento: os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Iniciaremos com a conceituação de um SIG, apresentação dos componentes (peopleware, dataware, software, hardware e métodos), estrutura e arquitetura. Na sequência, serão exibidas as estruturas de dados em um SIG e, por fim, apresentados alguns exemplos de SGBD e softwares de SIG (desktop e web).

A Unidade 3 apresentará Normas e Especificações Técnicas para a INDE, como a ET-EDGV, ET-ADGV, ET-PCDG, ET-RDG, ET-CQDG e Perfil MDB. Também serão apresentadas as etapas de produção da geoinformação: aquisição, processamento, gerenciamento, análise de dados e elaboração de produtos. Por fim, serão vistas as principais ferramentas de software de SIG, além das formas de automatização de processos.

Com entusiasmo, apresentamos o livro em questão, uma vez que, nele, está materializada parte das experiências adquiridas. Esperamos, através desta obra, poder despertar o seu interesse para a área do geoprocessamento, pois aplicações em diversas áreas do conhecimento estão em constante evolução nos últimos anos.

Boa leitura e bons estudos!

Prof. Me. Pedro Henrique Machado Porath



Você já me conhece das outras disciplinas? Não? É calouro? Enfim, tanto para você que está chegando agora à UNIASSELVI quanto para você que já é veterano, há novidades em nosso material.

Na Educação a Distância, o livro impresso, entregue a todos os acadêmicos desde 2005, é o material base da disciplina. A partir de 2017, nossos livros estão de visual novo, com um formato mais prático, que cabe na bolsa e facilita a leitura.

O conteúdo continua na íntegra, mas a estrutura interna foi aperfeiçoada com nova diagramação no texto, aproveitando ao máximo o espaço da página, o que também contribui para diminuir a extração de árvores para produção de folhas de papel, por exemplo.

Assim, a UNIASSELVI, preocupando-se com o impacto de nossas ações sobre o ambiente, apresenta também este livro no formato digital. Assim, você, acadêmico, tem a possibilidade de estudá-lo com versatilidade nas telas do celular, tablet ou computador.

Eu mesmo, UNI, ganhei um novo layout, você me verá frequentemente e surgirei para apresentar dicas de vídeos e outras fontes de conhecimento que complementam o assunto em questão.

Todos esses ajustes foram pensados a partir de relatos que recebemos nas pesquisas institucionais sobre os materiais impressos, para que você, nossa maior prioridade, possa continuar seus estudos com um material de qualidade.

Aproveito o momento para convidá-lo para um bate-papo sobre o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE.

Bons estudos!

BATE SOBRE O PAPO ENADE!



:



Olá, acadêmico!

Você já ouviu falar sobre o ENADE?

Se ainda não ouviu falar nada sobre o ENADE, agora você receberá algumas informações sobre o tema.

Ouviu falar? Ótimo, este informativo reforçará o que você já sabe e poderá lhe trazer novidades.



Vamos lá!

Qual é o significado da expressão ENADE?



EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Em algum momento de sua vida acadêmica você precisará fazer a prova ENADE.



Que prova é essa?

É **obrigatória**, organizada pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Quem determina que esta prova é obrigatória... O **MEC – Ministério da Educação**.

O objetivo do MEC com esta prova é o de avaliar seu desempenho acadêmico assim como a qualidade do seu curso.



Fique atento! Quem não participa da prova fica impedido de se formar e não pode retirar o diploma de conclusão do curso até regularizar sua situação junto ao MEC.

Não se preocupe porque a partir de hoje nós estaremos auxiliando você nesta caminhada.



Você receberá outros informativos como este, complementando as orientações e esclarecendo suas dúvidas.



Você tem uma trilha de aprendizagem do ENADE, receberá e-mails, SMS, seu tutor e os profissionais do polo também estarão orientados.

Participará de webconferências entre outras tantas atividades para que esteja preparado para #mandar bem na prova ENADE.

Nós aqui no NEAD e também a equipe no polo estamos com você para vencermos este desafio.

Conte sempre com a gente, para juntos mandarmos bem no ENADE! ✓✓





Olá, acadêmico! Iniciamos agora mais uma disciplina e com ela um novo conhecimento.

Com o objetivo de enriquecer seu conhecimento, construímos, além do livro que está em suas mãos, uma rica trilha de aprendizagem, por meio dela você terá contato com o vídeo da disciplina, o objeto de aprendizagem, materiais complementares, entre outros, todos pensados e construídos na intenção de auxiliar seu crescimento.

Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.

Conte conosco, estaremos juntos nesta caminhada!



SUMÁRIO

UNIDADE 1 – CONHECIMENTOS FUNDAMENTAIS PARA O GEOPROCESSAMENTO....1	
TÓPICO 1 – DEFINIÇÃO E HISTÓRIA DO GEOPROCESSAMENTO.....3	
1 INTRODUÇÃO	3
2 DEFINIÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO	4
3 HISTÓRIA DO GEOPROCESSAMENTO	4
3.1 PRIMEIRAS INICIATIVAS GLOBAIS	5
3.2 PRIMEIRAS INICIATIVAS NO BRASIL	7
RESUMO DO TÓPICO 1.....9	
AUTOATIVIDADE	10
 TÓPICO 2 – FUNDAMENTOS DA GEODÉSIA.....11	
1 INTRODUÇÃO	11
2 CONCEITO BÁSICO DE GEODÉSIA	11
3 FORMA DA TERRA E SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA.....12	
4 SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIAS.....13	
4.1 SISTEMAS TOPOCÊNTRICOS.....14	
4.1.1 <i>Datum</i> planimétrico	14
4.1.2 <i>Datum</i> altimétrico	15
4.2 SISTEMAS GEOCÊNTRICOS	16
5 PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERÊNCIA	18
6 ALTITUDES ORTOMÉTRICA E ELIPSOIDAL	19
7 SISTEMAS DE COORDENADAS	20
7.1 SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	20
7.2 SISTEMA GEOCÊNTRICO TERRESTRE	22
7.3 SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS	22
7.4 SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS POLARES.....23	
8 PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS	24
8.1 SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	28
RESUMO DO TÓPICO 2.....30	
AUTOATIVIDADE	31
 TÓPICO 3 – FUNDAMENTOS DA CARTOGRAFIA.....33	
1 INTRODUÇÃO	33
2 CARTOGRAFIAS SISTEMÁTICA E TEMÁTICA	34
3 ESCALA	36
3.1 ESCALA NUMÉRICA.....37	
3.1.1 Precisão gráfica	38
3.1.2 Escolha de escalas	39
3.2 ESCALA GRÁFICA	39
4 TIPOS DE REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	40
5 ELEMENTOS DE UM DOCUMENTO CARTOGRÁFICO.....41	
6 CONVENÇÕES E REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS	43
RESUMO DO TÓPICO 3.....46	
AUTOATIVIDADE	47

TÓPICO 4 – CONJUNTO DAS GEOTECNOLOGIAS	49
1 INTRODUÇÃO	49
2 TOPOGRAFIA.....	50
3 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATELITE (GNSS)	51
4 SENSORIAMENTO REMOTO	54
5 SENsoRES NÃO IMAGEADORES E IMAGEADORES	55
6 SENsoRES ATIVOS E PASSIVOS	56
7 RESOLUÇÕES DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	59
7.1 RESOLUÇÃO ESPACIAL	59
7.2 RESOLUÇÃO ESPECTRAL	61
7.3 RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA	62
7.4 RESOLUÇÃO TEMPORAL	63
8 CARTOGRAFIA DIGITAL	64
9 DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)	66
LEITURA COMPLEMENTAR.....	67
RESUMO DO TÓPICO 4.....	71
AUTOATIVIDADE	72
 REFERÊNCIAS	 73
 UNIDADE 2 – SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIGS)	 79
 TÓPICO 1 – O QUE É UM SIG?	 81
1 INTRODUÇÃO	81
2 COMPONENTES DE UM SIG.....	83
2.1 HARDWARE	84
2.2 SOFTWARE.....	84
2.3 PESSOAS	85
2.4 DADOS.....	85
2.5 MÉTODOS	86
3 ESTRUTURA GERAL DE UM SIG	87
3.1 INTERFACE COM O USUÁRIO	87
3.2 ENTRADA E INTEGRAÇÃO DE DADOS	88
3.3 VISUALIZAÇÃO E PLOTAGEM	88
3.4 GERÊNCIA E BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	89
3.5 CONSULTA E ANÁLISE ESPACIAIS.....	89
4 ARQUITETURA INTERNA DE UM SIG	91
4.1 SIG TRADICIONAL	91
4.2 ARQUITETURA DUAL	93
4.3 SIG BASEADO EM CAD	94
4.4 SIG RELACIONAL	95
4.5 SIG ORIENTADO A OBJETOS	96
4.6 DESKTOP MAPPING	97
4.7 SIG BASEADO EM IMAGENS	98
4.8 SIG INTEGRADO (IMAGENS-VETORES).....	99
RESUMO DO TÓPICO 1.....	101
AUTOATIVIDADE	102
 TÓPICO 2 – DADOS ESPACIAIS EM UM SIG	 103
1 INTRODUÇÃO	103
2 ESTRUTURA DE DADOS EM UM SIG	105
2.1 VETORIAL	105
2.1.1 Estrutura de armazenamento de dados vetoriais	107

2.1.2 Tipos de formatos vetoriais	109
2.2 MATRICIAL.....	111
2.2.1 Tipos de formatos matriciais.....	113
2.3 COMPARAÇÃO VETORIAL X MATRICIAL.....	114
3 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO.....	115
3.1 GRADE REGULAR E MALHA TRIANGULAR.....	116
3.2 MDT E MDS.....	118
RESUMO DO TÓPICO 2.....	120
AUTOATIVIDADE	121
TÓPICO 3 – SGBD E SOFTWARES DE SIG	123
1 INTRODUÇÃO	123
2 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	123
2.1 GEODATABASE	124
2.2 OGC GEOPACKAGE	126
2.3 SPATIALITE.....	127
2.4 MAPBOX MBTILES.....	128
3 SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS	128
4 SOFTWARES DE SIG	131
4.1 SIG DESKTOP (LOCAL)	131
4.2 PROPRIETÁRIO.....	131
4.3 CÓDIGO ABERTO	132
4.4 SIG WEB (REMOTO).....	133
4.5 SERVIDORES DE MAPAS DA WEB.....	134
4.6 SIG NAS NUVENS E SERVIÇOS DE MAPA	135
4.7 WEB MAPPING API	137
LEITURA COMPLEMENTAR.....	139
RESUMO DO TÓPICO 3.....	144
AUTOATIVIDADE	145
REFERÊNCIAS	147
UNIDADE 3 – INDE, PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO E FERRAMENTAS DE SOFTWARE SIG	151
TÓPICO 1 – NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A INDE.....	153
1 INTRODUÇÃO	153
2 INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS	153
3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS NACIONAIS DOS DADOS ESPACIAIS	155
3.1 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS	156
3.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS	159
3.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA PRODUTOS DE CONJUNTOS DE DADOS GEOESPACIAIS	162
3.4 ESPECIFICAÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DOS DADOS GEOESPACIAIS	163
3.5 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS PRODUTOS DE CONJUNTOS DE DADOS GEOESPACIAIS	166
4 PERFIL DE METADADOS GEOESPACIAIS DO BRASIL (PERFIL MGB)	168
RESUMO DO TÓPICO 1.....	170
AUTOATIVIDADE	171

TÓPICO 2 – ETAPAS DA PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO.....	173
1 INTRODUÇÃO	173
2 AQUISIÇÃO DE DADOS.....	174
2.1 FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS DE SATÉLITE	174
2.2 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	177
2.3 DADOS VETORIAIS	178
2.4 DADOS DE CAMPO	180
2.5 DADOS ALFANUMÉRICOS.....	181
3 PROCESSAMENTO DE DADOS.....	181
3.1 PADRONIZAÇÃO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA E COORDENADAS	182
3.2 GEORREFERENCIAMENTO	183
3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM.....	185
3.4 VETORIZAÇÃO.....	189
3.5 ANÁLISE TOPOLOGICA.....	190
4 GERENCIAMENTO DE DADOS ESPACIAIS.....	191
5 ANÁLISE DE DADOS	193
6 ELABORAÇÃO DE PRODUTOS.....	193
6.1 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	194
6.2 WEBMAP	196
RESUMO DO TÓPICO 2.....	198
AUTOATIVIDADE	199
TÓPICO 3 – ALGUMAS FERRAMENTAS SIG	201
1 INTRODUÇÃO	201
2 ALGUMAS FERRAMENTAS PARA DADOS VETORIAIS	201
2.1 BUFFER	202
2.2 RECORTAR.....	202
2.3 INTERSEÇÃO.....	203
2.4 UNIÃO	203
2.5 DISSOLVER.....	204
3 ALGUMAS FERRAMENTAS PARA DADOS MATRICIAIS.....	205
3.1 RECORTAR RASTER PELA CAMADA DE MÁSCARA.....	205
3.2 PIXELS DE RASTER PARA POLÍGONOS.....	206
3.3 DECLIVIDADE	206
3.4 CALCULADORA RASTER	207
4 AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS	208
4.1 MODELADORES DE PROCESSOS	208
4.2 PYTHON	210
LEITURA COMPLEMENTAR.....	212
RESUMO DO TÓPICO 3.....	214
AUTOATIVIDADE	215
REFERÊNCIAS	217

CONHECIMENTOS FUNDAMENTAIS PARA O GEOPROCESSAMENTO

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:

- entender o conceito de geoprocessamento;
- conhecer um pouco da história e as primeiras iniciativas globais e no Brasil;
- compreender os diferentes sistemas de referência geodésicos e os sistemas de projeção;
- aprender a respeito dos fundamentos da cartografia;
- conhecer o conjunto da geotecnologia e sua importância para o geoprocessamento.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em quatro tópicos. No decorrer da unidade, você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – DEFINIÇÃO E HISTÓRIA DO GEOPROCESSAMENTO

TÓPICO 2 – FUNDAMENTOS DA GEODÉSIA

TÓPICO 3 – FUNDAMENTOS DA CARTOGRAFIA

TÓPICO 4 – CONJUNTO DAS GEOTECNOLOGIAS



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.

DEFINIÇÃO E HISTÓRIA DO GEOPROCESSAMENTO

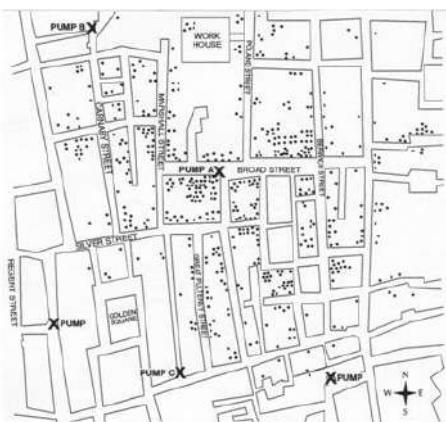
1 INTRODUÇÃO

Ao pensar na organização e no planejamento espacial, vêm, à mente, a cartografia e os mapas. Não é para menos, visto que, ao longo da história da humanidade, é possível citar muitos exemplos e legados de como os mapas serviram para cumprir o seu papel na sociedade.

Segundo Francischett (2001, p. 9), “a arte de traçar mapas começou com os gregos, no século VI a.C., que, em função das suas expedições militares e de navegação, criaram o principal centro de conhecimento geográfico do mundo ocidental”. Entretanto, o primeiro registro da elaboração de um mapa é datado de 2.500 a.C., pelos sumérios, tendo, como objetivo, representar o lado setentrional da Mesopotâmia.

Ao longo da história, os mapas foram muito utilizados como auxílio para o planejamento e a tomada de decisão. No século XX, por exemplo, Napoleão, com objetivo de estratégia militar, ordenou o mapeamento preciso de terras inimigas, nas quais possuía intenção de ocupar. Ainda, o médico John Snow, que, em 1854, fez uso do mapa do bairro de Soho (Londres) e da localização de casos de morte por cólera para reverter o surto da doença, percebendo a relação da doença com as bombas de abastecimento de água. O médico ficou conhecido por ter desenvolvido uma das primeiras aplicações das análises espaciais.

FIGURA 1 – MAPA DE PONTOS DE MORTE POR CÓLERA DE JOHN SNOW



FONTE: <<https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/Lesson1/Section2.html#ALT11>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

2 DEFINIÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO

Apenas com os dois breves exemplos tratados na introdução deste tópico, é possível entender a importância da utilização de mapas no processo da evolução da organização social humana.

Com a evolução da tecnologia, principalmente, na segunda metade do século XX, passou a ser possível desenvolver mapas digitais e feições mapeadas, além de relacionar informações alfanuméricas, iniciando, assim, o geoprocessamento.

Segundo Rodrigues (1993), geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltadas para um objetivo específico. Para Câmara e Davies (2001), geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

Atualmente, o conceito de geoprocessamento tem sido erroneamente confundido com o termo conjunto das geotecnologias, como cartografia, sensoriamento remoto, sistema global de navegação por satélite etc. Entretanto:

É correto e útil afirmar que não devem ser confundidos o Geoprocessamento à Cartografia Digital (CD), o Sensoriamento Remoto (SR) e o Global Positioning System (GPS). Existem sombreamentos entre esses ramos do saber, porém, suas finalidades principais diferem. A CD, o SR e o GPS estão nítida e profundamente envolvidos com a geração e qualidade dos dados, enquanto o geoprocessamento se centra na geração da informação ambiental, potencializada através da geoinclusão (XAVIER DA SILVA, 2009, p. 43).

O geoprocessamento tem, como principal ferramenta, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Por meio deles, é possível armazenar, além de processar dados geográficos, auxiliando o processo das análises espaciais. As Unidades 2 e 3 tratarão, especificadamente, dos SIG, suas características e aplicações.

3 HISTÓRIA DO GEOPROCESSAMENTO

Atualmente, o geoprocessamento é bem difundido e aceito como técnica para análise dos dados geográficos, assim como existe uma série de softwares de SIG, sejam de código aberto ou proprietário, mas, devido às restrições tecnológicas, há poucas décadas, o cenário era bem diferente, por isso, serão apresentadas as primeiras iniciativas globais e nacionais, além da evolução até os atuais dias.

3.1 PRIMEIRAS INICIATIVAS GLOBAIS

A evolução do geoprocessamento está relacionada com a evolução e popularização dos computadores. Entretanto, embora não represente um SIG completo, segundo Tate (2018), no início do século XX, foi utilizado, pela primeira vez, o termo SIG, uma vez que, a partir da criação de uma técnica de impressão chamada de fotozincografia, permitia, ao usuário, separar camadas (*layers*) de um mapa. Assim, era possível a impressão de diferentes temas, entretanto, uma das limitações era o fato de não existirem possibilidades de analisar dados mapeados.

De fato, o conceito de geoprocessamento foi, primeiramente, introduzido nos anos 1960. Mesmo com limitações tecnológicas da época, os primeiros sistemas de informação geográfica foram desenvolvidos com o governo canadense, por Roger Tomlinson, conhecido por ser o pai dos SIGs. A respeito dos primeiros SIGs:

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Esses sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 2).

O período de 1960 a 1975 ficou conhecido como o período do pioneirismo do geoprocessamento. Com o avanço da tecnologia, começaram a ser introduzidas as ideias de inserir coordenadas como entrada de dados (*inputs*), armazenamento de dados nos sistemas em computadores *mainframe* e mapas como saídas de dados (*outputs*).

Segundo Olaya (2018), em meados dos anos sessenta, a base teórica para a análise de dados matriciais (*raster*) e vetoriais foi proveniente das aplicações SYMAP e GRID, sendo as duas principais abordagens para codificação e armazenamento das informações geográficas. Ainda, podemos destacar que as principais ideias para as análises de *raster* foram definidas por Dana Tomlin, por meio da álgebra de mapa.



Sob direção de Howard Fisher, durante a década de 1960, *Synagraphic Mapping System* (SYMAP) e GRID são consideradas as primeiras aplicações para o mapeamento de uso geral.

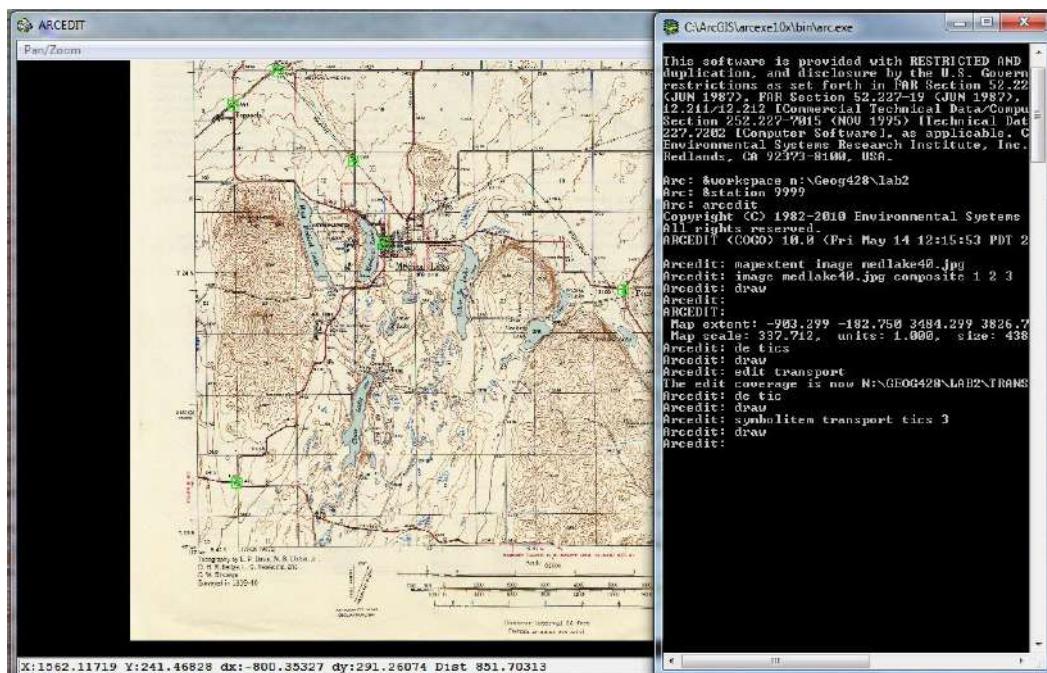
O crescente número de pesquisas realizadas durante a década de 1970 fez despertar o interesse das empresas em investirem na indústria do geoprocessamento, pelo desenvolvimento dos softwares dos SIGs.

Segundo Meaden e Aguilar-Manjarrez (2013), essas ações eram lideradas por indivíduos que conseguiam enxergar, nos produtos de análise espacial, um grande potencial econômico, especialmente, por meio da produção e venda das ferramentas de software, que ofereciam uma gama empacotada com funcionalidade variada.

Ainda, segundo Meaden e Aguilar-Manjarrez (2013), os primeiros exemplos de produtos de softwares SIGs para uso em minicomputadores foram o ARCINFO, da ESRI, em 1982; o INFOMAP, da Synercom; e o CARIS, produzido pela Universal Systems. Já no fim da década de 1980, com o advento dos microcomputadores, outros softwares dos SIGs foram produzidos, como o MapInfo, SPANS, Intergraph e PC-ArcInfo.

As décadas de 1990 e 2000 ficaram conhecidas como o início da proliferação do uso dos softwares SIGs em massa. Dentre os fatores que facilitaram o cenário, destacam-se: computadores mais baratos e rápidos, muitas opções de softwares de SIGs, compartilhamento de dados geográficos georreferenciados e integração com tecnologias de sensoriamento remoto.

FIGURA 2 – EXEMPLIFICAÇÃO DE UMA DAS PRIMEIRAS VERSÕES DO ARC/INFO



FONTE: <<https://sites.google.com/site/jasonkenleygisportfolio/skills/arcinfo-workstation>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

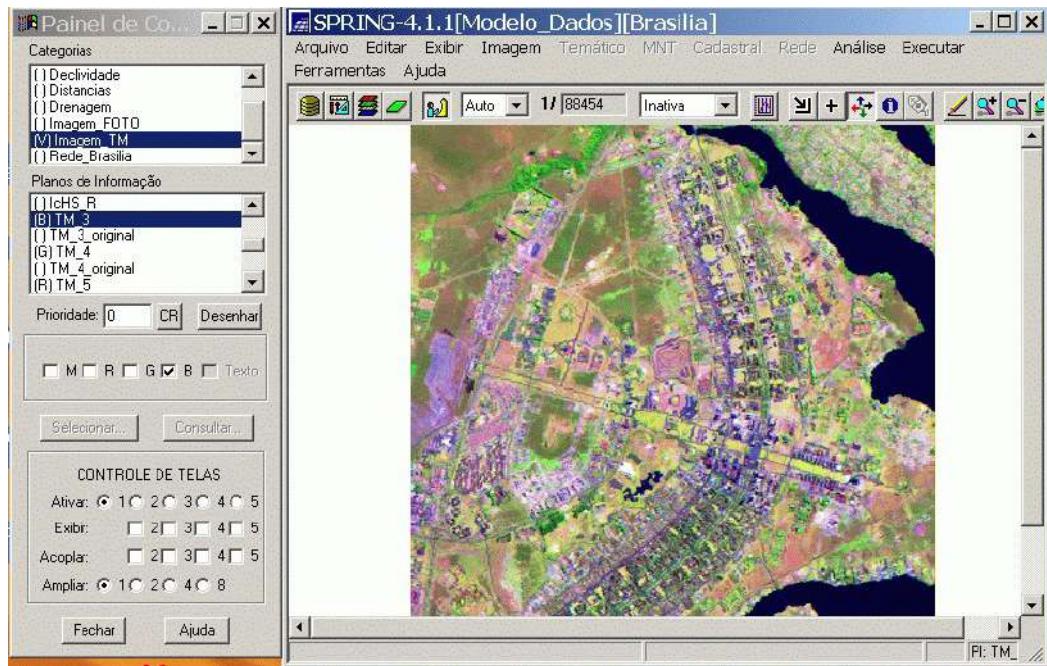
Ao observar, percebe-se a intensa evolução tecnológica sofrida na área do geoprocessamento. Para que, hoje, os sistemas estivessem poderosos e intuitivos, muito precisou ser feito desde 1960. Os reflexos das pesquisas e inovações também foram sentidos no Brasil, o que será apresentado na sequência.

3.2 PRIMEIRAS INICIATIVAS NO BRASIL

Segundo Câmara e Davis (2001), as primeiras iniciativas da introdução do geoprocessamento no Brasil datam do início de 1980, por intermédio do professor Jorge Xavier da Silva, pertencente da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que geriu o processo de formação de pessoal. Além disso, a vinda de Roger Tomlinson, que, no subtópico anterior, já foi apresentado como pai dos SIGs, incentivou o desenvolvimento de grupos interessados em desenvolverem e disseminarem a tecnologia do geoprocessamento no Brasil. Câmara e Davis (2001) destacam:

- UFRJ: O grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geoambiental). O SAGA tem forte capacidade de análise geográfica, e vem sendo utilizado, com sucesso, como veículo de estudos e pesquisas.
- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevantamento AeroSul criaram, em meados dos anos oitenta, um sistema para automatização dos processos cartográficos. Posteriormente, constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, software largamente utilizado no Brasil, principalmente, em aplicações de mapeamento por computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para *desktop mapping* para aplicações cadastrais.
- CPqD/TELEBRÁS: O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de geoprocessamento no setor da telefonia. Construído com base em um ambiente das SIGs (VISION), com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE), o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento, além da personalização de software.
- INPE: Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento da tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990, a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas) para ambiente PC/DOS. Ainda, a partir de 1991, o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows.

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DO SOFTWARE SPRING



FONTE: <<http://www.dpi.inpe.br/~carlos/Academicos/Cursos/Pdi/spring-composicao.gif>>. Acesso em: 3 jun. 2020.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- A arte de traçar mapas começou com os gregos, no século VI a.C. São muito importantes para o processo da evolução da organização social humana.
- O geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento das informações geográficas, e não deve ser confundido com o conjunto das geotecnologias.
- No início do século XX, foi utilizado, pela primeira vez, o termo SIG, através da técnica de impressão chamada de fotozincografia, entretanto, sua forma plena foi, primeiramente, utilizada em 1960, no Canadá, por Roger Tomlinson, conhecido como pai do SIG.
- Os primeiros exemplos dos produtos de software SIG para uso em minicomputadores foram o ARCINFO, da ESRI, em 1982; o INFOMAP, da Synercom; e o CARIS, produzido pela Universal Systems.
- As primeiras iniciativas da introdução do geoprocessamento no Brasil datam do início dos anos 1980, por meio do professor Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, além de Roger Tomlinson (considerado o pai do SIG).

AUTOATIVIDADE



- 1 É sabido que o geoprocessamento trata das informações geográficas a partir das técnicas matemáticas e computacionais. Entretanto, dos itens a seguir, qual representa a principal ferramenta?
- a) () Processamento Digital de Imagem (PDI).
 - b) () Banco de Dados.
 - c) () Sensoriamento Remoto.
 - d) () Sistemas de Informação Geográfica (SIG).
 - e) () Desenho Assistido por Computador (CAD).
- 2 Roger Tomlinson é conhecido por ser o pai do SIG. Na década de 1960, junto ao governo canadense, foi concebido o primeiro software de SIG. Dentre os motivos citados a seguir, qual não teve relação com o impedimento da explosão do uso do SIG no mundo?
- a) () Não existiam monitores gráficos de alta resolução.
 - b) () Computadores eram muito caros.
 - c) () Falta de apoio de iniciativa pública.
 - d) () Exigia mão de obra altamente especializada.
 - e) () Falta de soluções comerciais prontas.
- 3 Para que, atualmente, existam softwares muitos modernos, performáticos e poderosos na área dos SIGs, há algumas décadas, mesmo com limitações tecnológicas, brilhantes profissionais iniciaram o desenvolvimento das primeiras aplicações. A respeito das iniciativas no Brasil e no mundo, indique a resposta CORRETA:
- a) () SYMAP e GRID foram as primeiras aplicações ainda na década de 1970.
 - b) () No Brasil, foi realizada a formação dos primeiros profissionais na década de 1990, com o auxílio do professor Jorge Xavier da Silva, pertencente da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
 - c) () Roger Tomlinson, considerado o pai dos SIGs, incentivou o desenvolvimento de grupos interessados em desenvolverem e disseminarem a tecnologia do geoprocessamento no Brasil.
 - d) () Em 1980, o Sistema Automatizado de Gerência da Rede Externa (SAGRE) foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS.
 - e) () Apesar de, hoje, ser um importante centro de geotecnologia, o INPE apenas ganhou importância no início de 2000.

FUNDAMENTOS DA GEODÉSIA

1 INTRODUÇÃO

No tópico anterior, foi conceituado, o termo geoprocessamento, como o conjunto de técnicas de coletas, tratamento, manipulação e processamento de informações geográficas, além de mencionarmos parte da história e iniciativas pelo mundo. Logo, para que sejam feitos os corretos levantamento e tratamento dos dados, é imprescindível que o profissional técnico de geoprocessamento tenha entendimento da ciência que estuda as dimensões, forma e o campo de gravidade da Terra. Vamos ampliar nossos conhecimentos?!

2 CONCEITO BÁSICO DE GEODÉSIA

Apesar de não parecer, a ciência geodésica está amplamente inserida na sociedade. Você pode até não perceber, entretanto, muitos aplicativos funcionam, apenas, devido à geodésia e à precisão da definição de locais no espaço geográfico, como os aplicativos de navegação por receptores GPS e outros, que mostram onde estão os estabelecimentos comerciais mais próximos de você.

Classicamente, a geodésia é definida, por Friedrich Robert Helmert (1880), como a ciência de medida e mapeamento da superfície da Terra. Contudo, com o advento da tecnologia, houve uma expansão do objetivo original da geodésia. Acompanhe:

A era dos satélites artificiais, imediatamente seguida pela revolução da eletrônica, proporcionaram novos e atraentes rumos à geodésia. Primeiramente, os métodos de posicionamento ganharam muito em rapidez e precisão. Em seguida, a geodésia pode se lançar em outros campos, não do seu interesse específico, mas da valiosa utilidade, como: monitoramento das marés terrestres, controle do movimento das placas tectônicas, detecção dos movimentos verticais da crosta, controle das grandes estruturas da engenharia, estudo do campo gravitacional etc. Essa abrangência torna difícil definir, exatamente, a geodésia, além de delimitar seus campos de aplicação, porém, mostra alguns dos envolvimentos atuais (BLITZKOW, 2002, p. 1).

Para atingir os objetivos, a geodésia utiliza operações de diferentes tipos, a partir dos quais, segundo Zanetti (2007), surgiu a seguinte divisão:

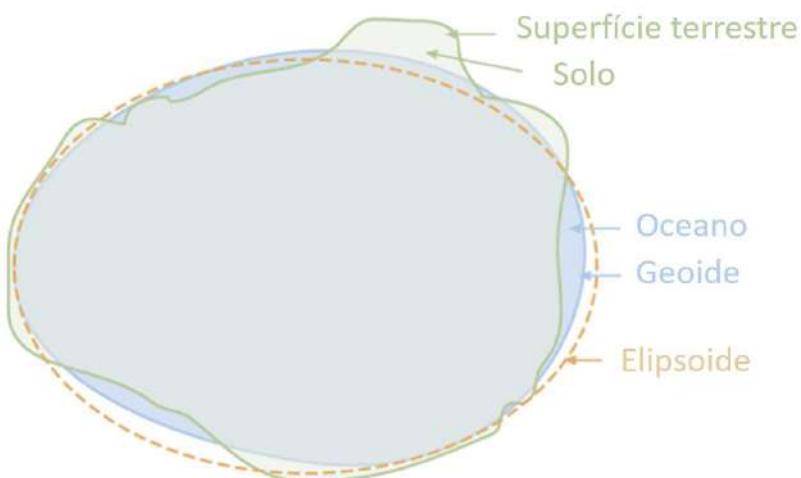
- Geodésia geométrica: realiza operações geométricas da superfície terrestre (medidas angulares e de distâncias) associadas a poucas determinações astronômicas.
- Geodésia física: realiza medidas gravimétricas que conduzem ao conhecimento detalhado do campo de gravidade.
- Geodésia celeste: utiliza técnicas espaciais de posicionamento, como satélites artificiais.

3 FORMA DA TERRA E SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

Até o século VI a.C., muitas culturas acreditavam que o formato da Terra era plano, até que, para a filosofia grega, por meio de Pitágoras, surgiu a concepção de uma Terra esférica, sendo, posteriormente, fortalecida por Aristóteles (século IV a.C.). No fim do século XVII, surgiram as primeiras hipóteses a partir dos estudos de Isaac Newton (um dos mais influentes físicos e matemáticos de todos os tempos), que, devido ao efeito da gravidade e do movimento de rotação, a Terra teria uma forma elipsoidal com achatamento nos polos.

Em 1828, foi criado, por Carl Friedrich Gauss, o modelo da “figura física da Terra”, entretanto, o termo geoide foi utilizado, pela primeira vez, em 1873, por J. F. Listing. Dessa forma, a geodésia divide a Terra em três superfícies de referência: superfície física terrestre ou topográfica, geoide e elipsoide, sendo, as duas últimas, apenas superfícies teóricas, utilizadas para fins de mapeamento.

FIGURA 4 – EXEMPLIFICAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA



FONTE: Adaptado de Fraczek (2003)

A superfície física terrestre, segundo Carvalho e Araújo (2008, p. 3), “é extremamente difícil de ser modelada matematicamente, pois possui uma quantidade infinita de reentrâncias e saliências, que são as irregularidades do relevo, e, em função disso, com o conhecimento científico que temos atualmente, um modelo matemático que expresse essa complexidade é totalmente inconcebível”. Já o geoide é o modelo determinado, a partir de medidas gravimétricas, que mais se aproxima da forma real do planeta Terra. Segundo Zanetti (2007, p. 24), “o geoide é uma superfície equipotencial do campo da gravidade, melhor ajustado globalmente, ao nível médio dos mares, em uma certa época. É utilizado como referência para as altitudes ortométricas (distância contada a partir da vertical, do geoide até a superfície física) no ponto considerado”.

Entretanto, o geoide não é conhecido globalmente, uma vez que faltam estações gravimétricas e devido às complexas equações. Por isso, surgiu a necessidade da utilização de uma superfície de referência simplificada, dessa forma, foi adotado o elipsoide de referência, também conhecido como terra cartográfica. É interessante que você se recorde de que a geometria de um elipsoide é formada pelos semieixos maior (raio equatorial) e menor (achatamento dos polos).



Você sabia que Eratóstenes (276-197 a.C.) foi quem realizou a primeira determinação do raio da Terra? Que o valor encontrado (6.210 km) possui um erro inferior a 2% das medições atuais (6.371 km)?

4 SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIAS

Os Sistemas Geodésicos de Referências (SGR) são utilizados quando há a necessidade de determinar a posição espacial de um objeto. A definição de um SGR é realizada a partir da adoção de um elipsoide de referência, este que está posicionado e orientado em relação à superfície terrestre. Agora, será feita uma abordagem acerca dos sistemas topocêntricos (*datum* planimétrico e altimétrico) e geocêntricos, além das diferenças entre as altitudes ortométrica e elipsoidal.

4.1 SISTEMAS TOPOCÊNTRICOS

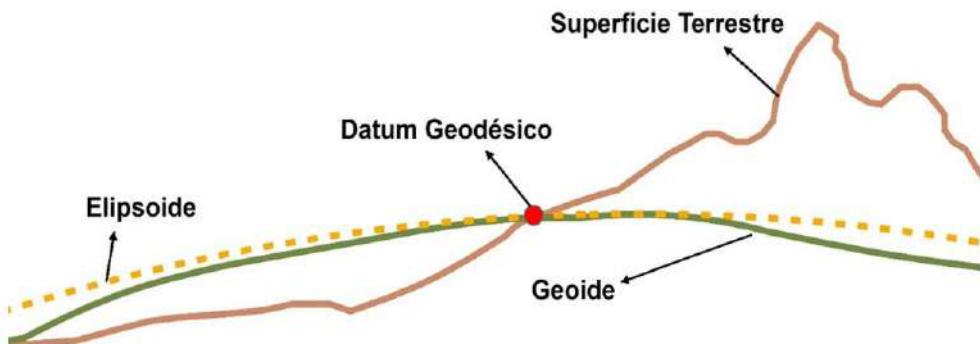
Os sistemas topocêntricos têm sua origem definida em um local na superfície terrestre, e o centro de referência da elipsoide não coincide com o centro de massa da Terra. No Brasil, existem três sistemas topocêntricos reconhecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Córrego Alegre, Astro Datum Chuá (ensaio para o *South American Datum - 1969* (SAD-69)) e, por fim, o SAD-69, sendo, o último, o oficial brasileiro para os trabalhos da geodésia e cartografia até fevereiro de 2015.

Segundo o Exército Brasileiro (2018, p. 2-4), “para definir esse tipo de sistema geodésico, além do elipsoide de revolução, deve-se adotar dois pontos para caracterizarem a origem das coordenadas horizontais e verticais do sistema: Datum Horizontal ou Planimétrico e Datum Vertical ou Altimétrico, respectivamente”.

4.1.1 Datum planimétrico

Primeiramente, deve ser conceituado que datum, em um sistema geodésico de referência, é o ponto em que o elipsoide coincide com o geoide, tendo, por isso, o termo remetido à “origem” ou ao “ponto de referência”. Nos sistemas topocêntricos, existem os *data* (plural de *datum*) planimétrico e altimétrico (ou vertical), então, através do primeiro, é possível definir as coordenadas geodésicas (latitude e longitude), já no segundo, é determinada a altitude em relação ao geoide.

FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DO DATUM GEODÉSICO



FONTE: O autor

O *datum* planimétrico, segundo D’Alge (2001, p. 3), é uma “superfície de referência elipsoidal posicionada com respeito a uma certa região. A respeito dessa superfície, realizam-se as medições geodésicas que dão vida à rede geodésica planimétrica da região”. Ou seja, o *datum* planimétrico se constitui como a referência para o posicionamento horizontal.

4.1.2 *Datum* altimétrico

Certamente, você já ouviu falar de que um município está a “x” metros de altitude, certo?! Você até pode aproveitar o momento para uma breve pesquisa acerca da altitude do seu município, que tal?! O termo altitude faz referência à diferença de altura entre o objeto em questão e o nível do mar. O *datum* vertical, ou altimétrico, é responsável pela definição de altitudes de objetos na Terra.

Trata-se da superfície de referência usada pelo geodesista para definir as altitudes de pontos da superfície terrestre. Na prática, a determinação do *datum* vertical envolve um marégrafo ou uma rede de marégrafos para a medição do nível médio dos mares. Faz-se, então, um ajustamento das medições realizadas para definição da referência “zero”, e adota-se um dos marégrafos como ponto de referência do *datum* vertical. No Brasil, o ponto de referência para o *datum* vertical é o marégrafo de Imbituba, em Santa Catarina (D’ALGE, 2001, p. 3).

Como citado, no Brasil, o ponto de referência para o *datum* vertical oficial é o marégrafo de Imbituba, além do de Santana, para o estado do Amapá. Atenta-se ao fato de que “a rede de nivelamento localizada ao Norte do Rio Amazonas, no Estado do Amapá, não está referenciada ao *datum* de Imbituba, devido à grande largura do rio. Nessa rede, as altitudes estão vinculadas ao *datum* local definido no Porto de Santana” (DALAZOANA; LUZ; DE FREITAS, 2005, p. 142).

A partir de Imbituba, município situado no litoral Sul de Santa Catarina, em 1945, foi realizado um trabalho topográfico de nivelamento até Urussanga (SC), iniciando a Rede Altimétrica de Alta Precisão (RAAP). Como resultado, foi criada, para todo o território nacional, uma série de marcos de Referência de Nível (RN).

FIGURA 6 – MALHA DE PONTOS DA RAAP DO BRASIL

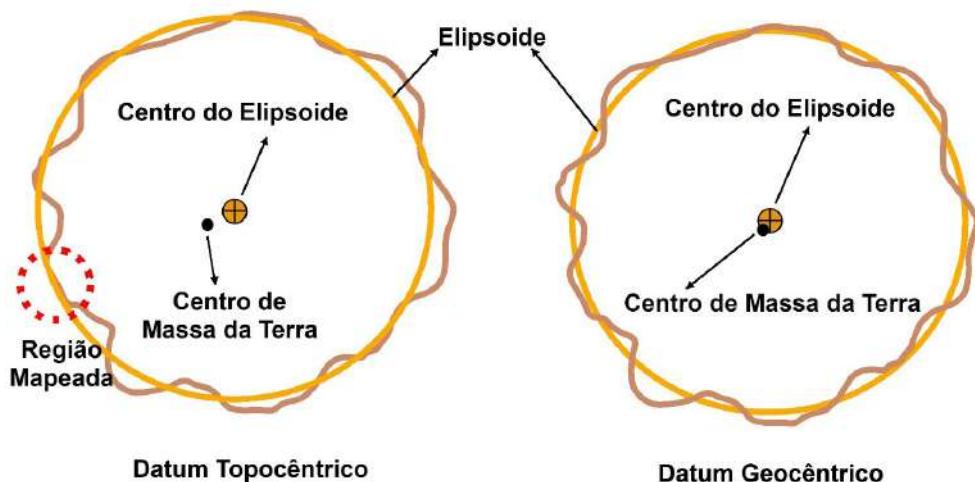


FONTE: Nicacio (2016, p. 261)

4.2 SISTEMAS GEOCÊNTRICOS

Por sua vez, nos sistemas geocêntricos (ou globais), diferentemente dos sistemas topocêntricos, o centro do elipsoide de referência coincide com o centro de massa da Terra, assim como o eixo menor do mesmo elipsoide com o eixo da Terra.

FIGURA 7 – DIFERENÇA ENTRE DATUM TOPOCÊNTRICO E GEOCÊNTRICO



FONTE: O autor

A modernização das tecnologias, a comprovação de maior precisão em relação aos métodos clássicos de triangulação, trilateração e poligonação e a necessidade de mais compatibilidade de dados com países da América do Sul foram alguns fatores que influenciaram a mudança de um *datum* topocêntrico para um geocêntrico.

É uma necessidade, objetivando o atendimento dos padrões globais de posicionamento. Com isso, fica garantida a manutenção da qualidade dos levantamentos GPS realizados em território nacional, uma vez que manter o referenciamento ao SAD-69 gera degradação da precisão. Outro fator determinante diz respeito à necessidade de se buscar uma compatibilidade com os demais países, adotando-se, no continente, um referencial único para as atividades cartográficas (ROQUE *et al.*, 2006, p. 93).

Em 2005, foi iniciado o período de dez anos de transição do Sistema Topocêntrico SAD-69 para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000. Dessa forma, em 2015, o período de transição foi encerrado, e o Brasil passou a ter apenas um Sistema Geodésico de Referência oficial (SGR), o SIRGAS 2000. No Quadro 1, será possível observar as características básicas dos sistemas geodésicos brasileiros que, outrora, foram oficiais, assim como o SIRGAS 2000.

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS GEODÉSICOS BRASILEIROS

Sistema Geodésico	Datum Horizontal	Datum Vertical	Elipsoide	Período (Oficial)
Córrego Alegre	Córrego Alegre	Imbituba	Hayford	1949 - 1979
Astro Datum Chuá	Chuá	Imbituba	Hayford	Década de 1970
SAD-69	Chuá	Imbituba	UGGI 1967	~ 1979 - 2015
SIRGAS 2000		Geocêntrico	GRS 80	2005 - Atual

FONTE: O autor

Apesar de nem ser um *datum* oficial brasileiro, é importante mencionar o WGS84, uma vez que é um dos sistemas de referência mais utilizados no mundo. Segundo Brys (2005, p. 1):

É a quarta versão do sistema de referência geodésico global estabelecido pelo Departamento de Defesa Americano (DoD) desde 1960, com o objetivo de fornecer posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo. Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS. Daí a importância do WGS84 frente aos demais sistemas de referência.

5 PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE REFERÊNCIA

Apesar do SGR SIRGAS 2000 ser o único oficial brasileiro desde 2015, muitos trabalhos da geodésia e cartografia, que foram desenvolvidos antes deste ano, ainda se encontram nos sistemas outrora oficiais, como o Córrego Alegre e o SAD-69. Com isso, pode-se ter a noção da quantidade de produtos que necessita de transformação para o atual sistema de referência.

O IBGE, por meio da resolução nº22, de 1983, estabeleceu as fórmulas oficiais para a transformação dos sistemas geodésicos usados no Brasil, como a fórmula dos três parâmetros. No Quadro 2, serão apresentados os parâmetros de transformação entre as superfícies de referência, conforme Brys (2005).

QUADRO 2 – PARÂMETROS DE TRANSFORMAÇÃO ENTRE DATA

DATUM	TRANSLAÇÃO	CÓRREGO	SAD-69	WGS-84	SIRGAS 2000
CÓRREGO ALEGRE	X	-	-138,70 m	-205,57 m	-206,048 m
	Y	-	+164,40 m	+168,77 m	+168,279 m
	Z	-	+34,40 m	-4,12 m	-3,823 m
SAD-69	X	+138,70 m	-	-66,87 m	-67,348 m
	Y	-164,40 m	-	+4,37 m	+3,879 m
	Z	-34,40 m	-	-38,52 m	-38,223 m
WGS-84	X	+205,57 m	+66,87 m	-	-0,478 m
	Y	-168,77 m	-4,37 m	-	-0,491 m
	Z	-72,623 m	+38,52 m	-	+0,297 m
SIRGAS 2000	X	+206,048 m	+67,348 m	+0,478 m	-
	Y	-168,279 m	-3,879 m	+0,491 m	-
	Z	+3,823 m	+38,223 m	-0,297 m	-

FONTE: Adaptado de Brys (2005)

Visando facilitar o processo de transformação entre os sistemas de referências, atualmente, os softwares de SIG possuem ferramentas que realizam a atividade. Além disso, também deve ser destacado o software ProGrid, que foi desenvolvido pelo IBGE com o intuito de realizar a transformação de coordenadas entre os sistemas de referência oficiais brasileiros (Córrego Alegre, SAD-69 e SIRGAS 2000).

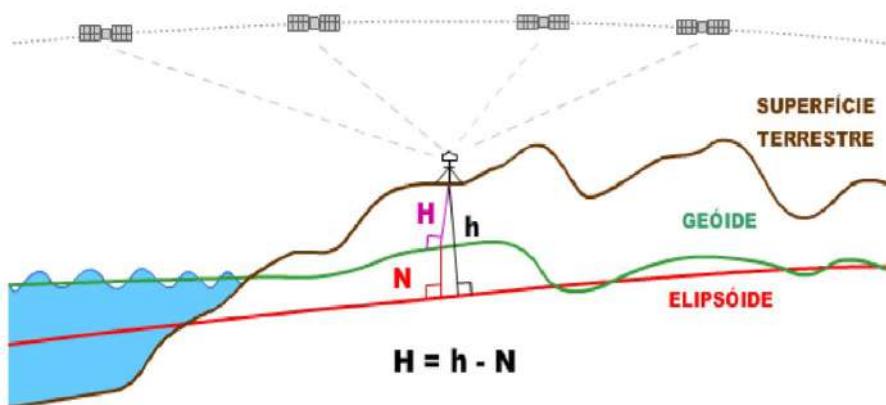
6 ALTITUDES ORTOMÉTRICA E ELIPSOIDAL

Primeiramente, deve ser reforçado que, para a geodesia, existem três superfícies de referência: superfícies terrestre, elipsoide e geoide, sendo, o geoide, o modelo mais próximo da realidade física da Terra.

O avanço tecnológico trouxe uma série de contribuições para a área da geodesia, como os receptores dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS). As informações trazidas por esse sistema estão baseadas no elipsoide de referência, ou seja, o valor de altitude informado pelo receptor GNSS está relacionado ao elipsoide de revolução. A altitude elipsoidal, representada, comumente, pela letra (h) em minúsculo, é a medição, na vertical, entre um ponto qualquer no elipsoide de revolução até determinado ponto na superfície terrestre.

Já a medição, na vertical, entre um ponto qualquer no geoide até determinado ponto na superfície terrestre, é a altitude ortométrica, comumente representada pela letra (H) em maiúsculo. Essa altitude faz referência ao nível do mar e é utilizada nos projetos de engenharia.

FIGURA 8 – RELAÇÃO ENTRE ALTITUDE ELIPSOIDAL, ORTOMÉTRICA E ONDULAÇÃO GEOIDAL



FONTE: Brasil (2015, p. 3)

Após o entendimento da diferença conceitual entre as altitudes elipsoidal e ortométrica, surge a questão: Se os receptores GNSS informam valores da altitude elipsoidal, mas as obras de engenharia são realizadas a partir das altitudes ortométricas, como é possível fazer a conversão?

Para a realização do cálculo, é necessária a utilização da Ondulação Geoidal (N), que é um modelo que representa a diferença entre as superfícies elipsoidal e geoidal. Essa diferença é positiva quando o geoide está acima do elipsoide, e negativa para a situação inversa.

$$H = h - N$$

Foi desenvolvido, pelo IBGE e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), um sistema de modelo de ondulação geoidal, cujo nome é MAPGEO2015. Através desse sistema, é possível obter a ondulação geoidal em um ponto ou conjunto de pontos, cujas coordenadas se refiram ao SIRGAS2000, dentro do território brasileiro.



Os termos altitude e altura não se referem a uma mesma coisa. Como vimos, a altitude está relacionada ao elipsoide ou ao geoide (nível do mar), enquanto a altura é a distância de um ponto ao chão.

7 SISTEMAS DE COORDENADAS

Você se recorda de que os sistemas de coordenadas têm, como função, permitir a localização exata de um objeto na superfície terrestre, certo?! Agora, serão apresentados os sistemas de coordenadas geográficas, geocêntrico terrestre, planas cartesianas e polares.

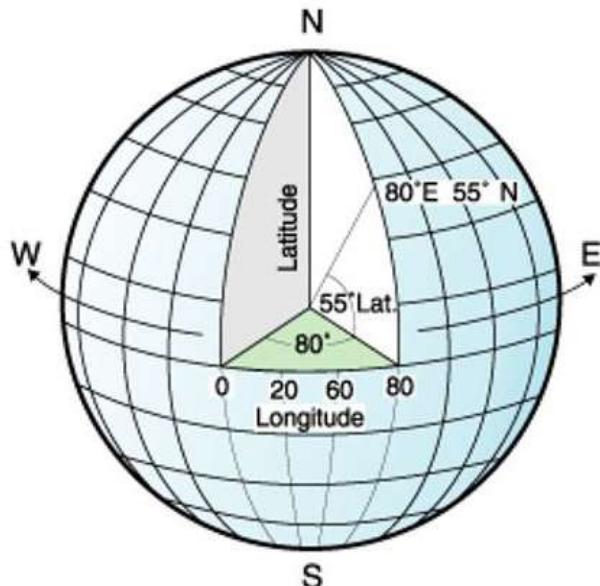
7.1 SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

O sistema de coordenadas geográficas ou geodésicas, que ainda será ilustrado, segundo D’Alge (2001), é conhecido por ser o mais antigo do mundo:

Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo. Num modelo esférico, os meridianos são círculos máximos cujos planos contêm o eixo de rotação ou eixo dos polos. Já num modelo elipsoidal, os meridianos são elipses definidas pelas interseções, com o elipsoide, dos planos que contêm o eixo de rotação (D’ALGE, 2001, p. 6).

Nesse sistema, o mundo é dividido pelo Meridiano de Greenwich (observatório britânico que foi escolhido para ser a origem 0° das longitudes) em Leste e Oeste. A partir do Leste de Greenwich, os meridianos são medidos por valores crescentes até $+180^\circ$, já a partir do Oeste, as medidas decrescem até o limite de -180° .

FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS



FONTE: <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/pt-br/SSEPGG_11.1.0/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/0sbp5004.gif>. Acesso em: 9 jun. 2020.

Além da divisão Leste/Oeste, realizada pelo Meridiano de Greenwich, esse sistema, a partir da Linha do Equador, também “divide” o mundo em dois hemisférios: Norte e Sul. Partindo da linha do Equador, que é considerado o paralelo de valor 0° (origem), ao Norte, os paralelos são medidos por valores crescentes até $+90^\circ$; já ao Sul, as coordenadas decrescem até -90° .

Segundo D’Alge (2001, p. 6), “longitude de um lugar qualquer da superfície terrestre é a distância angular entre o lugar e o meridiano inicial ou de origem, contada sobre um plano paralelo ao Equador. Latitude é a distância angular entre o lugar e o plano do Equador, contada sobre o plano do meridiano que passa no lugar”.



Para os casos em que o modelo matemático de representação da Terra não for um elipsoide de revolução, mas uma esfera, o termo sistemas de coordenadas geodésicas deve ser alterado para sistemas de coordenadas geográficas.

7.2 SISTEMA GEOCÊNTRICO TERRESTRE

O sistema geocêntrico terrestre, ou sistema cartesiano geodésico, segundo o Exército Brasileiro (2018), é um sistema cartesiano tridimensional com origem no centro de massas da Terra, caracterizado por um conjunto de três retas (X, Y, Z), denominadas de eixos coordenados, mutuamente perpendiculares, de modo que:

- Eixo X: coincide com a interseção do Meridiano de Greenwich sobre o plano do Equador;
- Eixo Y: é a direção ortogonal ao eixo X, situado no plano do Equador, no sentido anti-horário;
- Eixo Z: coincide com o eixo de rotação da Terra.

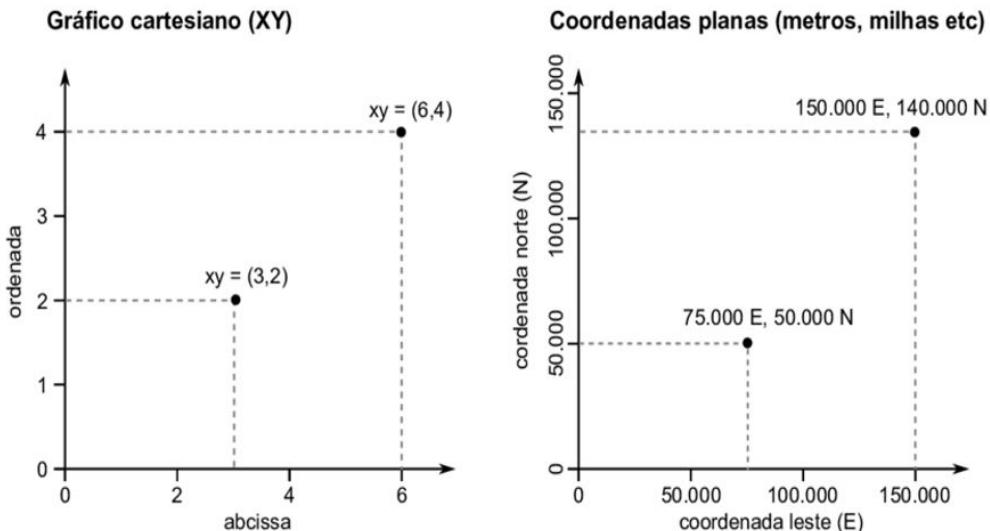
7.3 SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS

O sistema de coordenadas planas cartesianas

Se baseia na escolha de dois eixos perpendiculares, cuja interseção é denominada origem, que é estabelecida como base para a localização de qualquer ponto do plano. Nesse sistema de coordenadas, um ponto é representado por dois números reais: um correspondente à projeção sobre o eixo x (horizontal) e outro correspondente à projeção sobre o eixo y (vertical) (D'ALGE, 2001, p. 6).

A esse sistema de coordenadas que estão associadas as projeções cartográficas, que visam à representação da superfície terrestre em um plano. Nesse sistema, as coordenadas não são medidas em graus, mas em metros, e, convencionalmente, os eixos de direção são representados por East (E) ou Leste e North (N) ou Norte.

GRÁFICO 1 – SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS



FONTE: Grohmann (2016, p. 18)

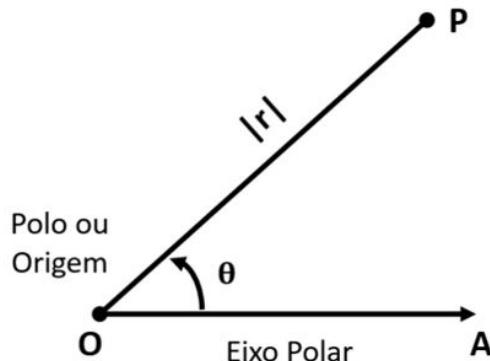
Por fim, vale reforçar que, ao representar um objeto de uma superfície curva em um plano cartesiano, são necessárias formulações matemáticas chamadas de projeções, que serão apresentadas.

7.4 SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS POLARES

O sistema de coordenadas planas polares, normalmente, está associado à projeção cônica. Esse sistema também utiliza um plano cartesiano, e tem, como principal característica, a não utilização de pares de coordenadas, mas do ângulo de direção e distância.

Como poderá ser observado, “o ponto P fica determinado através do par ordenado (r, θ) , em que $|r|$ representa a distância entre a origem e o ponto P, e θ representa a medida, em radianos, do ângulo orientado $A\hat{O}P$. Quando $A\hat{O}P$ for descrito no sentido anti-horário, $\theta > 0$, caso contrário, $\theta < 0$ ”.

FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO DE COORDENADAS POLARES



FONTE: O autor

Outro ponto a ser destacado é que, através do plano cartesiano, existe uma relação entre o sistema de coordenadas retangulares com as polares, por meio das seguintes equações:

$$\begin{array}{ll} x = r \cdot \cos\theta & \theta = \arctan(y/x) \\ y = r \cdot \sin\theta & r = (x^2 + y^2)^{1/2} \end{array}$$

Agora que já aprendemos os tipos de sistemas de coordenadas, na sequência, compreenderemos os tipos de projeções cartográficas. Acompanhe!

8 PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Projeções cartográficas são tentativas de representar a superfície terrestre em um plano bidimensional, como em mapas, cartas e plantas, sejam impressos ou em meio digital. Dessa forma, podemos concluir que toda projeção gera uma deformação.

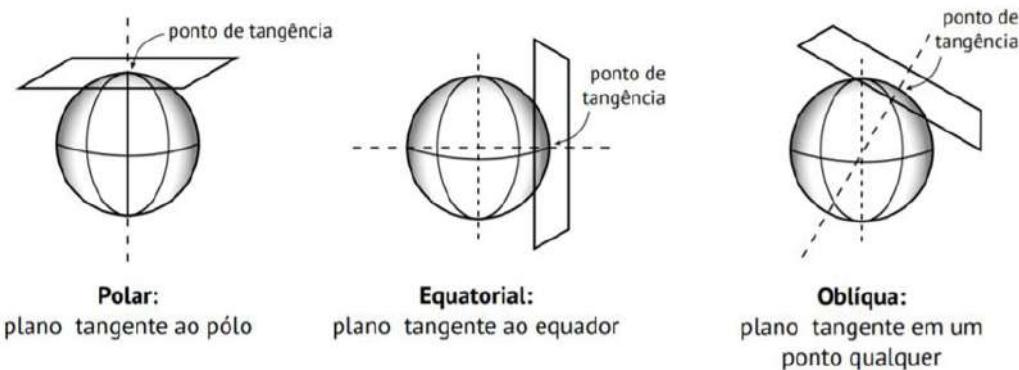
Para representar um ponto da superfície terrestre em uma superfície plana, é necessária a definição de um método que estabeleça a relação. Nesse caso, “para se obter essa correspondência, utilizam-se os sistemas de projeções cartográficas. De modo genérico, um sistema de projeção fica definido pelas relações apresentadas a seguir (x e y são as coordenadas planas ou de projeção, e ϕ e λ são as coordenadas geográficas)” (D’ALGE, 2001, p. 6). Observe:

$$\begin{array}{ll} x = f_1(\phi, \lambda) & \lambda = g_1(x, y) \\ y = f_2(\phi, \lambda) & \phi = g_2(x, y) \end{array}$$

Existem várias projeções cartográficas, e são classificadas, principalmente, quanto à forma geométrica adotada para a projeção e à deformação. Dentre as projeções mais conhecidas, destacam-se: plana ou azimuthal, cônica e cilíndrica.

A projeção plana ou azimuthal é realizada a partir da geometria de um plano que, em um ponto, tangencia ou secciona o elipsoide de referência. Dessa forma, observa-se que, quanto mais próximo do local tangenciado, menor a deformação. Por exemplo, se o ponto tangenciado for na linha do Equador, as distorções serão maiores se estiverem próximas aos polos da Terra.

FIGURA 11 – PROJEÇÕES PLANAS (AZIMUTAIS)

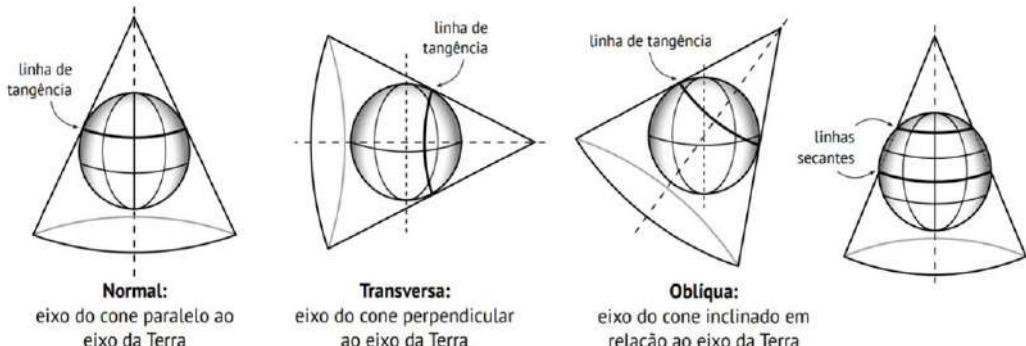


FONTE: Grohmann (2016, p. 23)

A projeção cônica, também conhecida como central, pode ser tangente ou secante à esfera terrestre, sendo uma projeção que utiliza a figura geométrica de um cone para envolver a esfera terrestre e, posteriormente, projetá-lo em um plano. Como exemplo:

Imagine um objeto sendo iluminado por uma lanterna. A sombra que esse objeto faz sobre uma superfície lisa, uma calçada, é a projeção do objeto. Os raios de luz da lanterna são os raios projetantes, a lanterna que emite os raios luminosos é o centro de projeção de onde partem os raios projetantes e a calçada é o plano de projeção. O centro de projeção, no caso, está a uma distância finita do objeto, e as projetantes são convergentes (BARISON, 2007, p. 1).

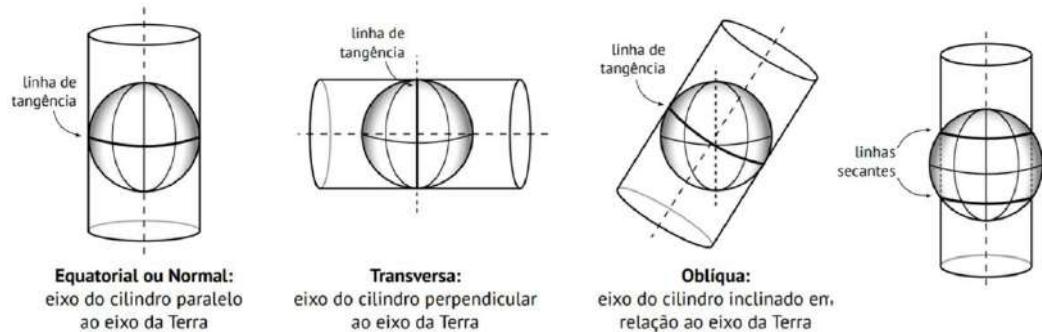
FIGURA 12 – PROJEÇÕES CÔNICAS



FONTE: Adaptado de Grohmann (2016)

Por fim, a projeção cilíndrica ou paralela também utiliza uma figura geométrica (cilindro) tangente ou secante à esfera terrestre, e que, posteriormente, é desenvolvida em um plano. Segundo Barison (2007, p. 1), “nessa projeção, os raios projetantes que incidem no objeto e no plano de projeção são todos paralelos entre si, como as geratrizes do cilindro. A projeção cilíndrica pode ser ortogonal ou oblíqua”.

FIGURA 13 – PROJEÇÕES CILÍNDRICAS



FONTE: Adaptado de Grohmann (2016)

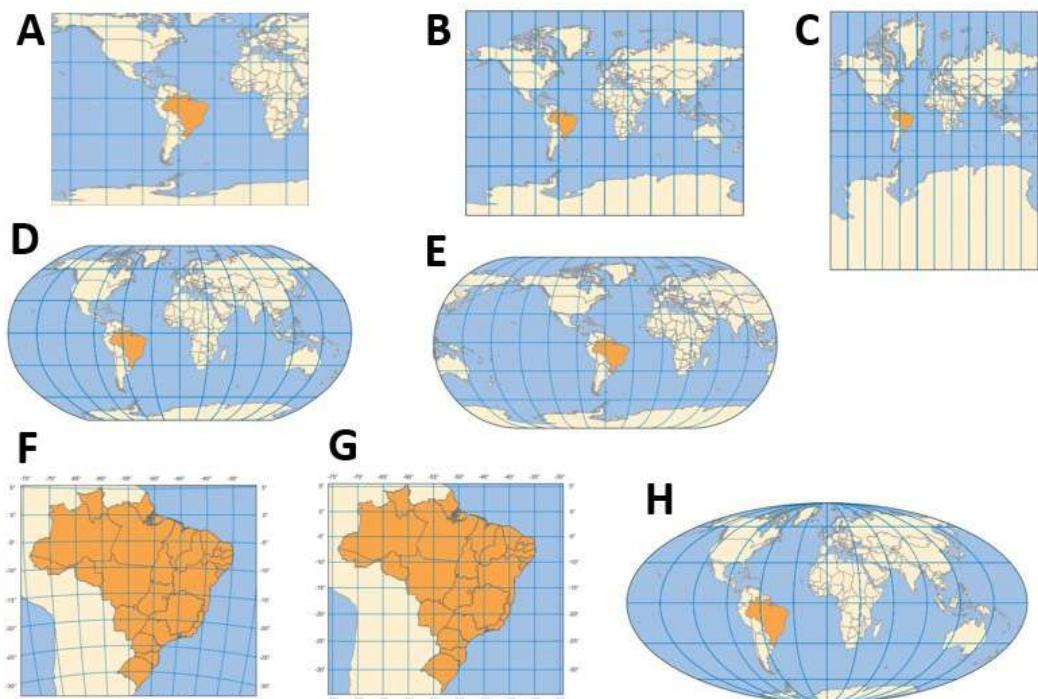
Como já mencionado, para todas as projeções, existirão distorções, visto que é impossível representar uma superfície curva em um plano sem que existam deformações. Dessa forma, levando em consideração o objetivo do produto cartográfico em questão, devem ser analisadas as características mais relevantes, e que, por consequência, serão preservadas, além das alteradas, como áreas ou ângulos.

Dessa forma, quanto ao grau de deformação, as projeções são classificadas em: conformes ou isogonais, equivalentes ou isométricas e equidistantes.

- Conformes ou Isogonais: não há deformação dos ângulos em torno de quaisquer pontos, entretanto, há distorções no tamanho dos objetos no mapa.
- Equivalentes ou Isométricas: não alteram as áreas, conservando uma relação constante com a correspondência na superfície terrestre, entretanto, os ângulos sofrem deformações.
- Equidistantes: os comprimentos são representados em escala uniforme.

Após o entendimento dos sistemas de projeções cartográficas pelo tipo de superfície de projeção adotada e pelas propriedades de deformação, é possível apresentar algumas das principais projeções cartográficas utilizadas na representação do espaço geográfico.

FIGURA 14 – PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS



FONTE: Adaptado de Brasil (2009)

As letras apresentadas estão referenciadas a seguir:

- A. Projeção Cilíndrica Equidistante Meridiana: Os meridianos e paralelos são igualmente espaçados. Era muito empregada na navegação marítima, mas foi substituída pela Projeção de Mercator.
- B. Projeção de Miller: projeção equivalente cilíndrica.
- C. Projeção de Mercator: projeção conforme cilíndrica.
- D. Projeção de Robinson: é uma projeção afilática (não é conforme ou equivalente ou equidistante) e pseudocilíndrica (não possui nenhuma superfície de projeção, porém, apresenta características semelhantes às da projeção cilíndrica).

- E. Projeção de Eckert III: projeção pseudocilíndrica adequada para mapeamento temático do mundo.
- F. Projeção Policônica: é uma projeção afilática (não é conforme ou equivalente ou equidistante) e policônica (utiliza vários cones como superfície de projeção).
- G. Projeção Cilíndrica Equatorial de Mercator: é uma projeção conforme cilíndrica.
- H. Projeção de Berhmann: é uma projeção equivalente cilíndrica (não possui nenhuma superfície de projeção, porém, apresenta características semelhantes às da projeção cilíndrica).

Interessante, não é mesmo?! As possibilidades de representação são diversas, e podem ser selecionadas conforme o objetivo de uso. Dentre os sistemas de projeções mais utilizados, destaca-se a Universal Transversa de Mercator. Vamos aprender um pouco mais a respeito desse sistema?

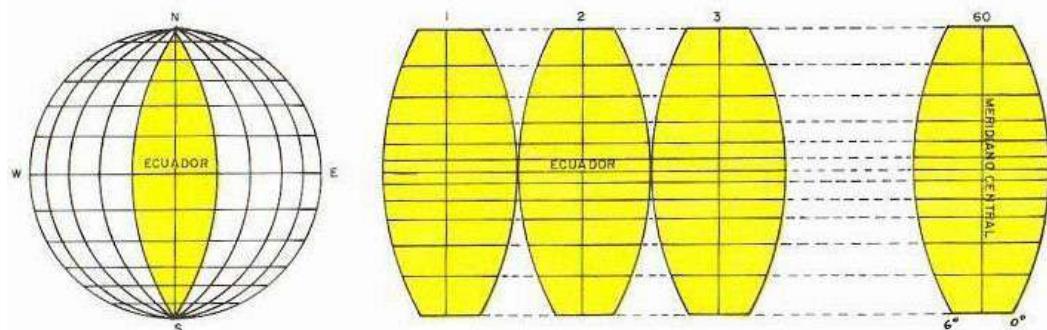
8.1 SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM

Dentre os sistemas de projeção anteriormente apresentados, por ser muito utilizado nas cartas temáticas e topográficas, deve-se destacar a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Essa projeção utiliza a figura geométrica de um cilindro secante à esfera terrestre e que, posteriormente, é desenvolvido em um plano. Quanto à deformação, ela é conforme (isogonal), ou seja, por manter os ângulos e as formas de pequenas feições, ocorrem deformações no tamanho dos objetos no mapa.

No sistema UTM, as coordenadas são retangulares e as linhas do Meridiano Central e Equador são retas.

Outra característica desse sistema é que a Terra é dividida em 60 fusos de seis graus de longitude, enumerados a partir do Antimeridiano de Greenwich (180° W). Cada fuso possui um meridiano central correspondente e que divide o fuso em duas partes de 3° .

FIGURA 15 – EXEMPLOS DE FUSOS DO SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM



FONTE: Exército Brasileiro (2018, p. 2-15)

Dessa forma, como explanado ao longo do Tópico 2, pode-se compreender a importância do conhecimento conceitual de sistemas geodésicos de referência e sistemas de coordenadas e projeções por parte do profissional técnico da área das geotecnologias, uma vez que, para a correta representação das informações geográficas em um produto cartográfico, os corretos parâmetros precisam ser utilizados.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- Geodésia é a ciência de medida e mapeamento da superfície da Terra que está dividida em geométrica, física e celeste.
- Existem diferenças entre as superfícies terrestre, geoide e elipsoide de referência.
- Um sistema geodésico de referência pode ser do tipo topocêntrico (Córrego Alegre e SAD-69) ou geocêntrico (SIRGAS 2000 e WGS-84).
- *Datum*, em um sistema geodésico de referência, é o ponto em que o elipsoide coincide com o geoide.
- Desde 2015, o único sistema geodésico de referência oficial brasileiro é o SIRGAS 2000.
- Altitude elipsoidal é a distância entre o elipsoide de referência e o ponto na superfície terrestre, sendo informada pelos receptores GNSS.
- Altitude ortométrica é a distância entre o geoide e o ponto na superfície terrestre. Essa altitude faz referência ao nível do mar e é utilizada nos projetos de engenharia.
- Existem os sistemas de coordenadas geográficas, geocêntrico terrestre, planas cartesianas e planas polares.
- Projeção cartográfica é a tentativa de projetar uma superfície curva em um plano. Para todas, existem distorções.

AUTOATIVIDADE



1 Você foi contratado para realizar um trabalho de campo a fim de especificar o valor das coordenadas UTM de um ponto que será materializado para um projeto de engenharia. Dessa forma, especifique qual sistema geodésico de referência você deve utilizar e como você deve encontrar o valor da altitude solicitada.

2 Durante muitos anos, o *South American Datum - 1969* (SAD-69) foi o Sistema Geodésico de Referência (SGR) oficial brasileiro. Leia, com atenção, as afirmativas a respeito do SAD-69:

- I- É um sistema geocêntrico.
- II- Possui, como *Datum*, Horizontal, Chuá, Vertical e Imbituba.
- III- Tem o Hayford como elipsoide de referência.
- IV- Entre 2005 e início de 2015, o SAD-69 e o SIRGAS 2000 foram os SGR oficiais no território brasileiro.
- V- É conhecido como o primeiro SGR brasileiro.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I, II e IV estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas II e IV estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas II, IV e V estão corretas.
- e) () Todas as alternativas estão corretas.

3 Os sistemas de coordenadas têm como função permitir a localização exata de um objeto na superfície terrestre. Pode, por exemplo, o sistema ser do tipo geográfico, geocêntrico terrestre, plano cartesiano e polar. A respeito dos sistemas de coordenadas, assinale a opção CORRETA:

- a) () No sistema de coordenadas geográficas, o Meridiano de Greenwich divide o mundo em Norte e Sul, e a Linha do Equador em Leste e Oeste.
- b) () O sistema de coordenadas planas cartesianas da superfície terrestre é representado em um plano, e os pares das coordenadas são medidos em graus.
- c) () O sistema de coordenadas planas polares da superfície terrestre é representado em um plano, e os pares de coordenadas são medidos em metros.
- d) () O sistema geocêntrico terrestre é um sistema cartesiano tridimensional com origem no centro de massas da Terra.
- e) () O sistema de coordenadas planas cartesianas da superfície terrestre é representado em um plano, e os pares das coordenadas são medidos em metros.

FUNDAMENTOS DA CARTOGRAFIA

I INTRODUÇÃO

No tópico anterior, foram abordados os fundamentos da geodésia, conhecimentos de extrema importância para o profissional técnico de geoprocessamento. Não menos importante é o estudo dos fundamentos da cartografia, visto que os produtos do geoprocessamento, sejam impressos ou digitais, quase sempre estão materializados em um produto cartográfico. Logo, é preciso haver o entendimento conceitual dos elementos básicos da cartografia (escala, selo, orientação, quadrícula, legenda), além das convenções, que são essenciais para que o profissional possa confeccionar mapas temáticos de qualidade.

Dentre as definições de cartografia, uma clássica, aceita sem maiores contestações, segundo IBGE (1999), é a estabelecida pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), em 1966. Posteriormente, foi retificada pela UNESCO, como:

Conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo, por base, o resultado de observações diretas ou da análise da documentação, volta-se para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão e representação de objetos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, além da utilização (ACI, 1966 *apud* IBGE, 1999, p. 12).

Dada a importância da cartografia para o planejamento de ações nas mais diferentes áreas, em 1949, a Organização das Nações Unidas (ONU), segundo IBGE (1999, p. 11), já a reconhecia através da seguinte assertiva: "CARTOGRAFIA - no sentido lato da palavra, não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser usada antes que outras ferramentas possam ser postas em trabalho". Compreendida a importância da cartografia para o planejamento de diversas ações, neste tópico, serão apresentados os tipos de cartografia, os elementos básicos, assim como algumas convenções.

2 CARTOGRAFIAS SISTEMÁTICA E TEMÁTICA

Existe um consenso, entre os estudiosos da cartografia, a respeito do estabelecimento de uma divisão dessa ciência em sistemática e temática, apesar de Sanchez (1981, p. 75) afirmar ser “impossível estabelecer uma linha divisória entre a cartografia sistemática e a temática, pois, em muitos casos, as diferenças são sutis”.

De forma geral, poderíamos entender a cartografia sistemática, também conhecida como topográfica, ou de referência geral, como a responsável pelos mapas de maior precisão, contendo características básicas do terreno, sobretudo, com desenvolvimento, apenas, por especialistas em cartografia. Já na cartografia temática ou geográfica, o foco central não é a precisão dos mapas, mas os temas que são trabalhados.

Dessa forma, com base no que resume Rosa (1996), a respeito das diferenças entre cartografias sistemática e temática, conclui-se:

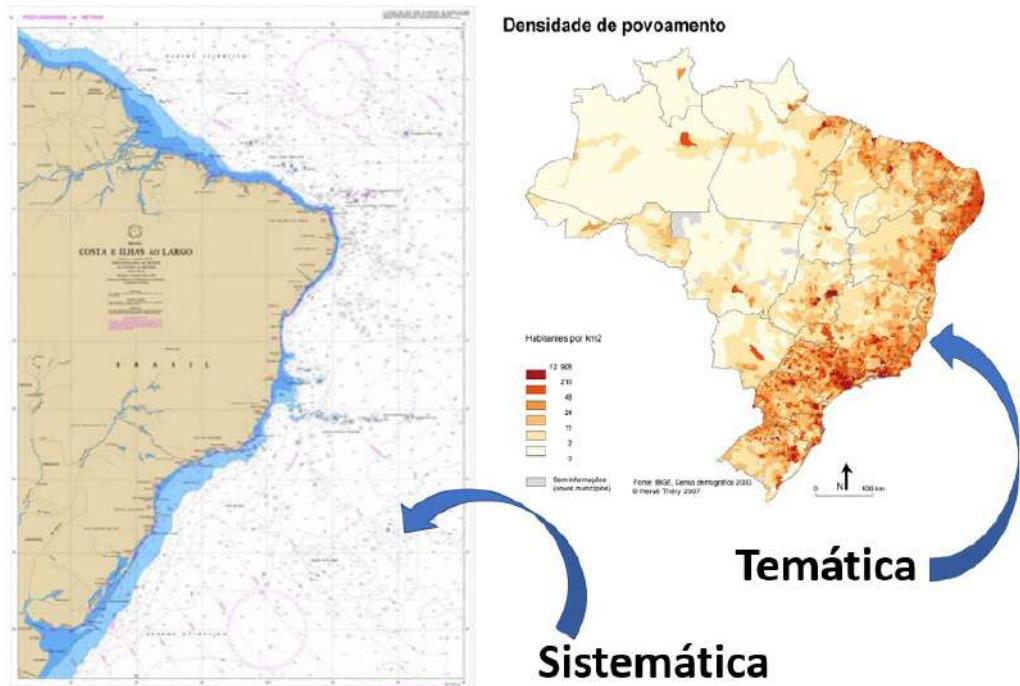
A cartografia sistemática é a ciência responsável pela representação genérica da superfície tridimensional da Terra no plano, e a cartografia temática tem, como preocupação básica, a elaboração e o uso dos mapeamentos temáticos, abrangendo a coleta, a análise, a interpretação e a representação das informações sobre uma carta-base (ROSA, 1996 *apud* SANTOS; SILVA; SOUZA, 2016, p. 12).

Ainda, acerca da cartografia sistemática:

Pode ser entendida como a atividade voltada para a representação do espaço com seus atributos dimensionais e de localização absoluta, através da execução de mapeamentos básicos, a partir de levantamentos que podem ser topográficos, aerofotogramétricos ou apoiados em imagens de satélites. As escolhas da projeção cartográfica, da escala, da simbologia e de outros requisitos necessários a um mapeamento estão na pauta dos profissionais envolvidos nas atividades que levam à elaboração do mapa-base de um determinado espaço (CARVALHO; ARAÚJO, 2008, p. 4).

Como exemplos da cartografia sistemática, podem ser citadas as cartas topográficas, cartas aeronáuticas visuais e cartas náuticas.

FIGURA 16 – EXEMPLOS DAS CARTOGRAFIAS SISTEMÁTICA E TEMÁTICA



FONTE: O autor

Por fim, a cartografia temática, para Sampaio (2019, p. 23), “é a parte da cartografia que se dedica ao tratamento e transposição da informação para o formato gráfico. Seu foco principal é o processo de comunicação visual, compreendendo o estudo dos elementos gráficos e a percepção da informação como um todo”. Como exemplos, podem ser citados os mapas de biomas, densidade populacional e povoamento, climáticos e outras diversas possibilidades de análises espaciais.

No Quadro 3, será possível identificar as principais diferenças entre as cartografias sistemática e temática, através dos atributos de conteúdo, objetivos, validade, preparo do usuário, quem elabora, uso das cores, simbolismo e derivação.

QUADRO 3 – PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE AS CARTOGRAFIAS SISTEMÁTICA E TEMÁTICA

Atributos	Cartografia sistemática	Cartografia temática
Conteúdo	Mapas topográficos com a representação do terreno	Mapas temáticos que representam qualquer tema
Objetivos	Atendem a uma ampla diversidade de propósitos	Atendem a usuários específicos
Validade	Podem ser utilizados por muito tempo	Geralmente, os dados são superados com rapidez
Preparo do usuário	Leitura simples. Não requerem conhecimentos específicos para a compreensão	Interpretação complexa. Requerem conhecimentos específicos para a compreensão
Quem elabora	Elaborados por profissionais especializados em cartografia	Geralmente, elaborados por pessoas não especializadas em cartografia
Uso das cores	Utilizam cores de acordo com as convenções estabelecidas para mapas topográficos	Utilizam cores de acordo com as relações entre os dados
Simbolismo	Uso generalizado de palavras e números para mostrar os fatos	Uso de símbolos gráficos, especialmente planejados, para facilitar a compreensão de diferenças qualitativas e quantitativas
Derivação	Sempre servem de base para outras representações	Dificilmente, podem servir de base para outras representações

FONTE: Sanchez (1981 *apud* CARVALHO; ARAÚJO, 2008, p. 15)

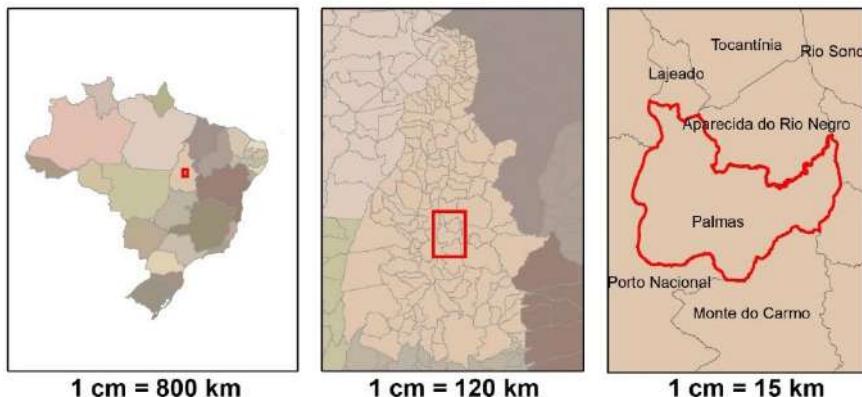
3 ESCALA

Informação essencial em um mapa, escala, resumidamente falando, é a relação (razão) entre as dimensões do tamanho real de um objeto e a representação em um mapa.

Segundo IBGE (1999, p. 24), “escala é definida como a relação existente entre as dimensões das linhas de um desenho e as suas homólogas”.

O pleno entendimento do conceito de escala é muito importante para representar uma informação espacial em tamanhos reduzidos em um mapa. Por exemplo, na Figura 17, poderemos entender que, para cada caso específico, deve-se definir a correta escala do mapa.

FIGURA 17 – MUNICÍPIO DE PALMAS -TO EM DIFERENTES ESCALAS



FONTE: O autor

Perceba: se o objetivo era mostrar, apenas, a localização do município de Palmas perante o território brasileiro, a primeira escala ($1 \text{ cm} = 800 \text{ km}$) é a mais adequada entre as três apresentadas. Entretanto, se a ideia é apresentar a delimitação do município e os municípios confrontantes, o terceiro mapa ($1 \text{ cm} = 15 \text{ km}$) deve ser utilizado. Então, a escolha da escala a ser utilizada deve ser realizada em conjunto, com o objetivo da análise.

Você sabia que existem formas diferentes de apresentação da escala de representação da superfície terrestre? Neste momento, aprenderemos, um pouco mais, a respeito dessas especificidades do tema.

3.1 ESCALA NUMÉRICA

Em um mapa, a apresentação da escala pode ser numérica ou gráfica. Quando numérica, pode ser apresentada em forma de proporção (ex.: 1:1.000) ou em forma de fração (ex.: 1/1.000 ou $\frac{1}{1.000}$). O numerador (d) representa uma distância no mapa e, o denominador (D), a distância no mundo real.

$$E = \frac{d}{D}$$

Na cartografia, segundo o Exército Brasileiro (2018, p. 2-17), “as escalas numéricas podem ser classificadas em escala pequena, escala média e escala grande, e o que se determina é o nível de detalhamento: quanto maior a escala, maior o número de detalhes representados”. No Quadro 4, apresentaremos as especificações dos tamanhos das escalas

QUADRO 4 – ESPECIFICAÇÕES DE TAMANHO DE ESCALAS

Quanto ao tamanho	Quanto à representação	Escala	Aplicações
Escala Grande	Escala de Detalhe	Até 1:25.000	Plantas Cadastrais
Escala Média	Escala de Pouco Detalhe	De 1:25.000 até 1:250.000	Cartas Topográficas
Escala Pequena	Escala de Reconhecimento ou de Síntese	A partir de 1:250.000	Cartas Topográficas e Cartas Gerais

FONTE: Adaptado de Exército Brasileiro (2018)



Quanto maior o denominador da escala, menor é a escala, logo, menos detalhes podem ser visualizados no mapa. Por exemplo, uma escala de 1:500 é maior do que uma escala de 1:1.000.

3.1.1 Precisão gráfica

A precisão gráfica, segundo Brasil (1999, p. 26), “é a menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada, em desenho, na mencionada escala. A experiência demonstrou que o menor comprimento gráfico que se pode representar em um desenho é de 115 de milímetro ou 0,2 mm, sendo o erro admissível”. Com base na informação do valor de erro admissível, a precisão gráfica da escala do mapa ou erro tolerável pode ser determinado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Seja: } E = \frac{1}{M} \rightarrow e_m = 0,0002 \text{ metro} \times M$$

A partir da equação anterior, considerando, por exemplo, a escala do mapa (M) de 1:5.000 e erro admissível de 0,2 mm, qual o valor do erro tolerável?

$$e_m = 0,0002 \text{ metro} \times 5000$$

$$e_m = 1 \text{ metro}$$

Logo, é possível concluir que, quanto menor for a escala, maior será o erro admissível, uma vez que o erro varia na razão direta do denominador da escala e inversa da escala. A partir disso, entende-se que objetos menores do que o erro admissível em questão devem ser apresentados a partir das convenções cartográficas, por meio da geometria de ponto: os símbolos a ele associados têm dimensões independentes da escala utilizada.

3.1.2 Escolha de escalas

O princípio para a definição da escala a ser utilizada em um mapa está relacionado ao método de cálculo de erro tolerável:

$$\text{Da fórmula: } e_m = 0,0002 \text{ metro} \times M \text{ tira-se: } M = \frac{e_m}{0,0002}$$

Com isso, ao elaborar um mapa com informações coletadas em campo, o profissional técnico precisa definir a escala do produto. Para isso, é necessário que seja analisada a extensão do menor objeto que precisa ser representado no mapa. Se, para este exemplo, a menor extensão é de um objeto com 25 metros, conclui-se que a escala adotada deverá ser igual ou maior do que 1:125.000:

$$M = \frac{e_m}{0,0002} = \frac{25}{0,0002} = \frac{250.000}{2} = 125.000$$

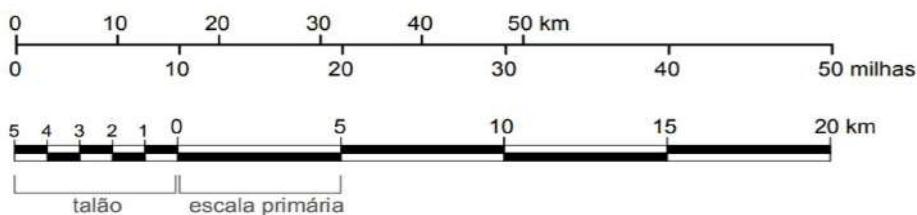
3.2 ESCALA GRÁFICA

Outra forma de apresentar a escala de um produto cartográfico é por meio da escala gráfica. Diferentemente da escala numérica, a gráfica possui, como vantagem, o fato de continuar válida mesmo que o mapa for redimensionado ao ser inserido dentro de um relatório, por exemplo. Além disso, com o auxílio de um curvímetro ou de um barbante, a escala gráfica pode ser utilizada como parâmetro para medir distâncias de feições no mapa, como rodovias ou curso d'água.

Grohmann (2016, p. 14) conceitua a escala gráfica como:

A escala gráfica é uma representação de várias distâncias do terreno sobre uma linha reta graduada, de acordo com a unidade de medida utilizada (quilômetros, milhas etc.). O segmento à direita do valor zero é chamado de escala primária, e o segmento à esquerda do zero recebe o nome de talão ou escala de fracionamento, e é dividido em submúltiplos da unidade de medida utilizada, graduado da direita para a esquerda.

FIGURA 18 – EXEMPLOS DE ESCALAS GRÁFICAS



FONTE: Grohmann (2016, p. 14)



Curvímetro é um instrumento (mecânico ou elétrico) utilizado para medir o comprimento de linhas curvas em um mapa (desde que não haja grande variação de altitude). É constituído de uma roda conectada a um contador de giros, e o número de voltas da roda, registrado pelo contador, é convertido para unidades de comprimento em diferentes escalas.

4 TIPOS DE REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Quando um documento cartográfico tem a superfície de representação na forma esférica, é nomeado como globo. Já para documentos cartográficos, cuja representação é em superfícies planas, costuma-se, erroneamente, generalizá-los por mapas. Contudo, Brasil (1999) classifica a representação cartográfica plana em três tipos: mapa, carta e planta. Vamos conhecer cada um deles?

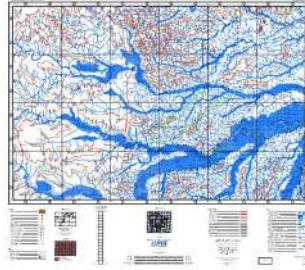
Mapa, segundo Brasil (1999, p. 21), “é a representação, no plano, normalmente, em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, políticos e administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos”.

Já uma carta, de acordo com Brasil (1999, p. 21), “é a representação, no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais – paralelos e meridianos –, com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala”.

Por fim, a planta é um caso particular de uma carta. A escala utilizada é grande, ou seja, apresenta muitos detalhes. Segundo Brasil (1999, p. 21), a “carta representa uma área de extensão suficientemente restrita para que a sua curvatura não precise ser levada em consideração, e que, em consequência, a escala possa ser considerada constante”.

Dessa forma, no Quadro 5, através da representação esférica, tem-se o globo terrestre, além disso, três representações de produtos cartográficos em um plano, sendo o mapa com escalas, normalmente, com escalas menores que 1:250.000, a carta com escalas entre 1:250.000 e 1:25.000, e, por fim, a planta com escalas maiores que 1:25.000.

QUADRO 5 – EXEMPLOS DE REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Globo (representação esférica)	Mapa (< 1:250.000)
	
Carta ($\geq 1:250.000$ e $\leq 1:25.000$)	Planta (> 1:25.000)
	

FONTE: <<http://twixar.me/63bm>>
Acesso em: 19 out. 2020.

FONTE: <<http://twixar.me/63bm>>
Acesso em: 19 out. 2020.

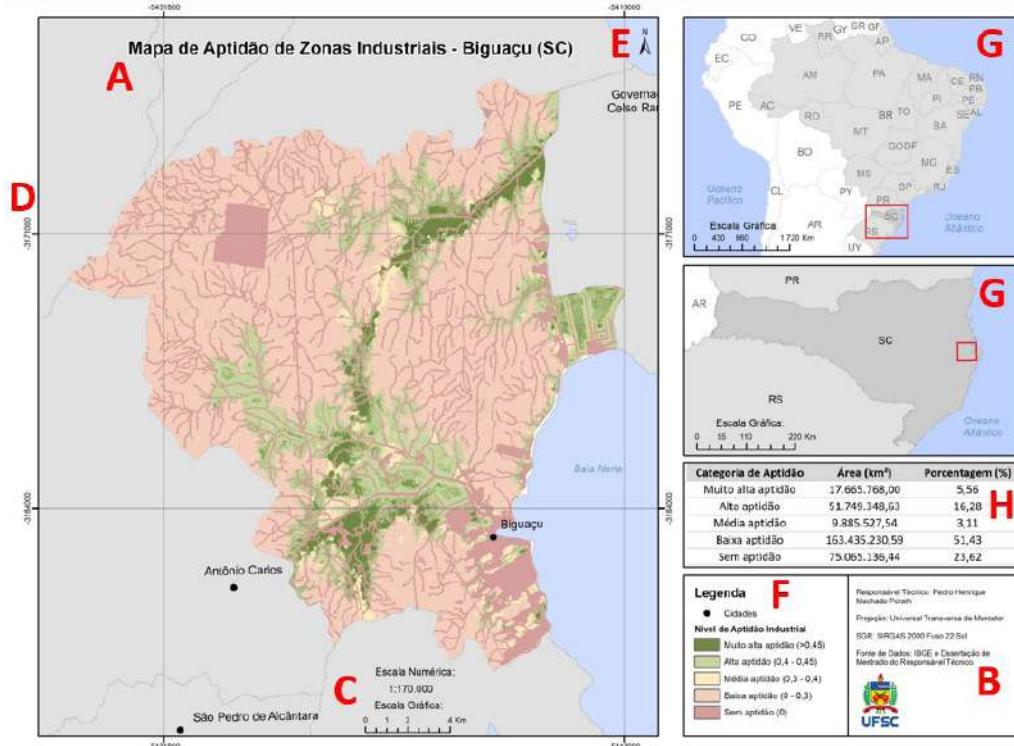
FONTE: O autor

5 ELEMENTOS DE UM DOCUMENTO CARTOGRÁFICO

Ao desenvolver um layout de documento cartográfico, seja um mapa, carta ou planta, existem alguns elementos que são imprescindíveis para que a informação seja transmitida corretamente ao usuário final, como título, escala, selo, grade de coordenadas, orientação e legenda. Outros elementos, embora não obrigatórios, são importantes, e podem auxiliar no processo de compreensão, como o mapa de localização e a tabela de dados.

Na cartografia temática, não existe uma regra quanto à posição dos elementos em um documento cartográfico, por isso, a Figura 19 apresenta um exemplo específico de layout.

FIGURA19 – REPRESENTAÇÃO DE ELEMENTOS DE UM DOCUMENTO CARTOGRÁFICO



FONTE: O autor

Os elementos do documento cartográfico estão sinalizados com letras maiúsculas, assim, acompanhe a explicação de cada um:

- Título:** responsável por indicar o tema central do documento cartográfico. Não obrigatoriamente, mas, por vezes, também é acompanhando de um subtítulo.
- Selo:** campo para descrição das referências, sejam fontes de dados utilizados, data de elaboração, sistema geodésico de referência e projeção e responsável técnico.
- Escala:** como já tratada neste tópico, a escala é responsável por estabelecer uma relação de proporcionalidade entre o objeto do mundo real e o da representação cartográfica. Um mesmo layout pode conter, simultaneamente, as escalas gráfica e numérica.
- Grade de coordenadas:** a partir da informação do sistema geodésico de referência e projeção, constante no selo do documento cartográfico, a presença da grade de coordenadas é fundamental, para que se possa extrair um par de coordenadas de qualquer ponto do mapa.
- Orientação:** é a direção de referência adotada no documento cartográfico, podendo ser utilizado norte geográfico ou verdadeiro, norte magnético ou norte da quadrícula. Observa-se que, na projeção, UTM, o norte de referência, é o de quadrícula, não o geográfico.

- F. Legenda:** responsável pela descrição de cada feição do documento cartográfico, como espessuras e cores da linha, estilo de preenchimento de polígonos, adoção da simbologia etc. Caso algum objeto não conste na legenda, a transmissão de comunicação com o usuário final pode ficar comprometida.
- G. Mapa de localização:** apesar de não ser um elemento obrigatório, seu uso é importante, principalmente, em documentos cartográficos de escala grande, uma vez que o mapa de localização tem, como objetivo, mostrar, em uma escala menor, onde está situada a área em questão.
- H. Tabela de dados:** apesar de também não ser um elemento obrigatório, por vezes, a utilização de uma tabela, contendo informações alfanuméricas, pode auxiliar no processo de comunicação com o usuário final.

6 CONVENÇÕES E REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Quando um documento cartográfico é bem construído, é possível que um usuário, com o mínimo de conhecimento da área de cartografia, consiga analisar, além de interpretar a informação do produto mesmo não conhecendo a linguagem escrita. Isso é possível por meio das simbolizações e convenções cartográficas.

Segundo Campos (2007, p. 226), “pode-se, então, estabelecer que símbolos e convenções cartográficas são os elementos que se dispõem para representar, cartograficamente, a informação geográfica, dentro de uma linguagem gráfica preestabelecida”.

Como será possível observar, serão adicionadas, às características gráficas dos símbolos (pontuais, lineares e zonais), variações visuais de “forma, tamanho, orientação, cor, valor e granulação, para representar fenômenos qualitativos, ordenados ou quantitativos no modo de implantação pontual, linear ou zonal” (ARCHELA; THÉRY, 2008, p. 3).

FIGURA 20 – VARIÁVEIS VISUAIS

Implantation	Pontual	Linear	Zonal
Forma ≡	● □ ▲ ✈️ 🏭 ⛰	— — — — — — — — —	● ● ● ● ● ●
Tamanho ≠ Q	● ● ● ● ▲ ▲ ▲ ▲ ■ ■ ■ ■	— — — — — — — — —	● ● ● ● ● ● ● ●
Orientação ≠	— — — — — — — — — ▲ ▼ ○ ○	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —
Cor ≠ ≡	Uso das cores puras do espectro ou de suas combinações. Combinação das três cores primárias cian, amarelo, magenta (tricomia).		
Valor ≠ O	□ □ □ □	— — — — — — — — —	● ● ● ●
Granulação ≠ ≡	● ● ● ● ■ ■ ■ ■	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —

Valor da percepção

≡ associativa ≠ seletiva O ordenada Q quantitativa

FONTE: Joly (2005 apud ARCHELA; THÉRY, 2008, p. 4)

Quanto à característica gráfica, os símbolos podem ser classificados em três classes: pontos, linhas e zonais (áreas). Acompanhe a característica de cada uma das classes:

- **Símbolos pontuais:** são convenções individuais usadas, muitas vezes, para representar objetos menores do que o erro tolerável para a escala do mapa, como postes, placas, bueiros etc. Além disso, podem ser utilizados para representar centroides de polígonos ou a posição de um lugar específico, como cidades, aeroportos, estabelecimentos comerciais etc. Por fim, também podem representar informações volumétricas, como a população de uma cidade (quanto maior a população, maior a representação do ponto).
- **Símbolos lineares:** são convenções lineares que têm, como objetivo, representar elementos, como o sistema viário, hidrografia, curvas de nível etc.
- **Símbolos zonais:** também conhecidos como símbolos planares ou de área. Esses símbolos representam os objetos cuja geometria é de polígonos, e possuem extensões maiores do que o erro tolerável, ou seja, são passíveis de visualização no documento cartográfico. É possível citar as massas d'água, biomas, áreas administrativas etc.

Como apresentado, o entendimento dos fundamentos da cartografia é de suma importância para a compreensão e a produção dos mais diferentes materiais cartográficos, lembrando a necessidade de se respeitar as convenções cartográficas, além da utilização dos elementos básicos de um documento cartográfico, como norte, escala, legenda etc.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- A cartografia sistemática visa à elaboração de mapas com maior precisão. Estes contêm características básicas do terreno e são desenvolvidos por especialistas em cartografia.
- A cartografia temática tem, como foco central, o processo de comunicação visual.
- Escalas podem ser representadas, numericamente ou graficamente, em um documento cartográfico.
- Existem diferentes tipos de representações cartográficas: mapa, carta e planta.
- Um documento cartográfico precisa expressar, graficamente, a mensagem ao usuário final, e os elementos de um documento cartográfico (título, selo, escala, grade de coordenadas, orientação, legenda). As convenções cartográficas são instrumentos que auxiliam no processo.

AUTOATIVIDADE



- 1 Imagine que você precisa percorrer o trecho de uma rodovia e, ao consultar o mapa com o auxílio de um barbante, foi possível identificar que o referido trecho representa 15 centímetros e a escala da carta é de 1:10.000. Qual é a real dimensão aproximada da rodovia?
- 2 Ao elaborar um documento cartográfico, você precisa representar uma edificação que possui 45 metros de comprimento (medida real). O cliente gostaria que a escala desse documento fosse feita em 1:25.000. Assim, com base nos conhecimentos adquiridos até o momento, identifique se a escala desejável pode ser utilizada.
- 3 O primeiro registro da elaboração de um mapa é datado de 2.500 a.C., pelos sumérios, com o objetivo de representar o lado setentrional da região da Mesopotâmia. Ao longo da história, a cartografia foi um instrumento muito utilizado, visto que muitas decisões, até hoje, são apoiadas nela. Sabendo disso, leia com atenção as afirmativas a respeito da cartografia:
 - I- É comumente dividida em sistemática e temática.
 - II- Embora importante, a utilização da escala não é obrigatória em um documento cartográfico.
 - III- Mapa é um caso particular de uma carta. A escala utilizada é grande, ou seja, apresenta detalhes.
 - IV- Legenda é o campo utilizado para a descrição de fontes de dados utilizados, data de elaboração e sistema geodésico de referência e projeção.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas I, II e IV estão corretas.
- d) () Todas as alternativas estão corretas.
- e) () Todas as alternativas estão erradas.

CONJUNTO DAS GEOTECNOLOGIAS

1 INTRODUÇÃO

Ao fazer uma breve pesquisa na internet, é comum encontrar algumas referências que tratam dos termos geotecnologia e geoprocessamento como sinônimos. Entretanto, essa informação está equivocada, pois, de acordo com Xavier da Silva (2009, p. 42), “um caso emblemático “desavisado” considera, como geoprocessamento, todo o conjunto das geotecnologias, ou seja, o sensoriamento remoto, a cartografia, os Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e outros ramos. Tal perspectiva consegue turvar as mentes de alguns jovens pesquisadores”.

No Tópico 1 desta primeira unidade, já abordamos o conceito de geoprocessamento. Verificamos que, por meio das técnicas matemáticas e computacionais, é realizado o tratamento da informação geográfica, utilizando o SIG como principal ferramenta. Já a geotecnologia possui um conceito mais amplo, “são todas as tecnologias utilizadas para aquisição, processamento, interpretação e/ou análise de dados e/ou informações espacialmente referenciados. São consideradas geotecnologias: a topografia, a cartografia digital, o CAD, o GPS, os sensoriamentos remoto orbital e não orbital, o AM/FM e o SIG” (LAMPARELLI, 2006, p. 3).

Nos últimos tempos, com o avanço da tecnologia, tem-se acompanhado uma popularização da geotecnologia. É possível citar iniciativas, como as da empresa Google. Por meio das ferramentas Google Earth e Google Maps, é possível visualizar, por imagem de satélite, qualquer região do mundo, além do recurso que essas ferramentas possuem, chamado de Street View, com vistas panorâmicas de 360° horizontal e 290° vertical a partir do solo. As empresas que produzem navegadores GPS, como a Garmin, também tiveram papel importantíssimo no processo de inserção da geotecnologia ao público não especializado. Dessa forma, cada vez mais, vemos diferentes ações associadas à informação geográfica.

O avanço das tecnologias da informação, o número crescente de satélites e sensores e a ampliação das capacidades de processamento e armazenamento de dados e informações geoespaciais contribuíram para a popularização das geotecnologias. Dados dos sensores remotos e dos sistemas de informações geográficas, até há pouco tempo, de uso exclusivo de técnicos e pesquisadores, hoje, são ferramentas comuns. Globos virtuais e WebGIS, acessados facilmente pela internet, além dos sistemas de posicionamento global por satélite, deram, ao cidadão, as capacidades de identificar rotas, visualizar imagens de satélites e gerar mapas de maneira amigável (EMBRAPA, 2014, p. 9).

Este tópico tem, como objetivo, apresentar as principais geotecnologias: topografia, Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), sensoriamento remoto, cartografia digital e desenho assistido por computador. Não serão abordados os sistemas de informação geográfica, uma vez que o tema será discutido nas Unidades 2 e 3.

2 TOPOGRAFIA

Primeiramente, deve ser reforçado que, aqui, não há o objetivo de ensinar o que é topografia e os diferentes métodos de levantamento, mas a importância, como ciência, capaz de fazer o levantamento de dados de campo com alta precisão, servindo como uma das formas de aquisição (entrada de dados) para os projetos do geoprocessamento.

Os registros históricos das primeiras iniciativas de levantamento topográfico datam de muito anos. Segundo Wolf e Brinker (1994), em 1400 a.C., o Egito já havia sido dividido em lotes, com o propósito de cobrança de impostos. O mesmo autor também destaca que, com o desenvolvimento da geometria pelos gregos, por volta de 1200 a.C., surgiram os primeiros tratados de topografia.

Com o passar dos anos, foram criados e aprimorados muitos instrumentos. Em 1571, por Leonard Digges, foi feita a primeira versão do Teodolito, equipamento que tem, como objetivo, realizar a leitura dos ângulos horizontais e verticais. Ressalta-se que, apenas na década de 1970, surgiram os primeiros teodolitos eletrônicos.

Um grande avanço para a topografia foi o desenvolvimento das estações totais eletrônicas. Apenas um equipamento era possível para medir os ângulos (horizontais e verticais) e distâncias por meio de uma espécie de acoplamento do teodolito e distancímetro eletrônico. Ainda, possuía uma caderneta eletrônica que era capaz de gravar os dados de campo e, posteriormente, passá-los para um computador.

Para aumentar a precisão, produtividade e segurança dos levantamentos topográficos, outros instrumentos foram desenvolvidos, ou os existentes receberam upgrades, como a estação total, que faz leitura sem prisma; níveis eletrônicos com leitura em código de barras; e softwares de automação topográfica. Segundo Souza (2001 *apud* GRIPP JUNIOR; SOARES, 2006, p. 321), “o aparecimento desses equipamentos, aliados à automação de cálculos e desenhos, fundamentou o conceito de “topografia digital”, permitindo que todas as etapas necessárias à elaboração de uma carta topográfica sejam efetuadas utilizando dispositivos digitais”.

Dessa forma, pode-se entender a topografia como uma grande aliada ao processo de levantamento de informações com alta precisão, mas que, normalmente, restringe-se ao cobrimento de áreas pequenas em comparação a outras geotecnologias também responsáveis pelo levantamento de dados. Segundo Piroli (2010, p. 9):

Embora a tecnologia esteja muito evoluída e as fontes de dados, hoje disponíveis, sejam diversas, a complementação e a confirmação das informações no campo ainda são parte fundamental da maioria dos projetos de geoprocessamento. Além disso, as escalas dos materiais disponibilizados, muitas vezes, não permitem o detalhamento exigido para determinados fins. A topografia permite o levantamento de informações com a qualidade requerida, principalmente, em pequenas áreas. No caso de áreas urbanas, por exemplo, são os levantamentos topográficos que fornecem as bases de dados para os projetos de mapeamento. Embora, hoje, existam imagens de satélite de alta resolução, o custo e as dificuldades para a obtenção, muitas vezes, fazem com que a utilização das técnicas de topografia seja a solução para os levantamentos de informações localmente.

Por fim, vale salientar que é possível fazer o levantamento georreferenciado com equipamentos topográficos, como a estação total, entretanto, é necessário o apoio de um ponto com par de coordenadas conhecidas do Sistema de Referência Geodésico SIRGAS 2000, sendo, esse ponto, o marco inicial para o levantamento de campo.

3 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE (GNSS)

O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), do inglês Global Navigation Satellite System, refere-se:

à constelação de satélites que possibilita o posicionamento, em tempo real, de objetos, além da navegação em terra ou mar. Esses sistemas são utilizados em diversas áreas, como mapeamentos topográficos e geodésicos, aviação, navegações marítima e terrestre, monitoramento de frotas, demarcação de fronteiras, agricultura de precisão etc. (IBGE, 2018, p. 20).

Para que um sistema possua uma cobertura global, é necessária uma constelação com, no mínimo, 24 satélites posicionados, de forma que um determinado receptor sobre a superfície terrestre possa ter, no mínimo, quatro satélites no horizonte. Atualmente, dos quatro sistemas que compõem o GNSS, apenas o estadunidense Navstar GPS e o russo GLONASS estão completamente operacionais.

Além disso, o sistema Galileo, da comunidade europeia, desde dezembro de 2016, está ativo, e com alcance global, ainda que de forma incompleta. Por último, o sistema Beidou/Compass, de origem chinesa, que opera regionalmente no momento. Contudo, existe a previsão de que o Galileo e o Compass fiquem completamente operacionais em 2020. No Quadro 6, serão apresentadas, resumidamente, as principais características dos sistemas GNSS.



Você sabia que, aproximadamente, 150 mil objetos orbitam ao redor da Terra? A partir disso, foi desenvolvido um mapa 3D, com base nos parâmetros orbitais de cada satélite, para prever a localização em tempo real desses objetos. Para visualizar o mapa 3D, acesse: <http://stuffin.space/>.

QUADRO 6 – COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS GNSS

	GPS	GLONASS	Galileo	Compass
Nacionalidade	EUA	Rússia	Comunidade Europeia	China
Iniciativa	Militar	Militar	Civil	Militar
Nº de satélites	31	24	30 (previsão 2020)	35 (previsão 2020)
Nº de orbitais	6	3	3	-
Altitude aprox.	20.200 km	19.100 km	23.222 km	21.000 km
Ano de ativação	1995	2011	2020 (previsão)	2020 (previsão)

FONTE: Adaptado de IBGE (2018)

É importante se lembrar de que o GNSS está referenciado ao Sistema Geodésico de Referência WGS-84, que, apesar de também ser geocêntrico, não é o oficial brasileiro. Desse modo, visando estabelecer uma ligação entre os sistemas de referências internacionais com o SIRGAS, em 2000, foi construída, pelo IBGE, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC). Segundo o próprio IBGE (2018), a rede é composta por 146 estações que são monitoradas continuamente, e os dados estão disponíveis em até 24 horas após a data de observação.



Foi desenvolvido, pelo IBGE, um webmap em que é possível visualizar a localização de todos os pontos pertencentes ao banco de dados geodésicos, como o RBMC. Para visualizar, acesse: <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>.

FIGURA 21 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA RBMC



FONTE: IBGE (2018, p. 20)

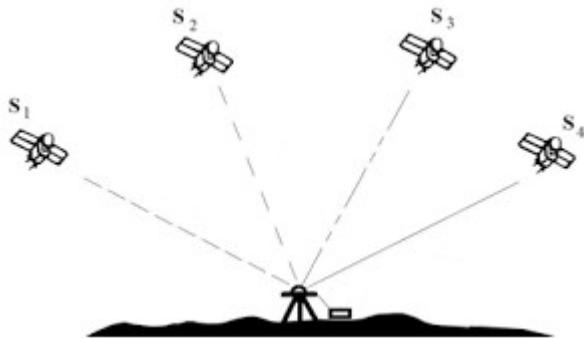
Assim como foi dito que a estação total representou um marco da evolução para a topografia, não pode se pensar diferente dos receptores de GNSS para os levantamentos geodésicos e topográficos. Visto que o sistema é extremamente preciso, possui cobertura global por 24 horas, pode ser utilizado em qualquer condição de tempo e é gratuito.

Com o uso de receptores GNSS, é possível fazer o levantamento georreferenciado das áreas relativamente grandes de modo muito mais rápido do que com o uso da estação total, apoiada a um marco geodésico. Dentro os motivos, destaca-se a não necessidade de fazer o transporte de coordenadas. Por exemplo, em uma propriedade de muito hectares, formados por apenas quatro

vértices, com a utilização do receptor GNSS, é necessário, apenas, o levantamento desses quatro pontos, diferentemente do levantamento clássico (por estação total), a partir do qual é necessário fazer o transporte de coordenadas, além de ter que “estacionar” o equipamento (estação total) em “n” lugares diferentes.

Vale ressaltar que, em algumas condições, é necessária a correta utilização desse sistema: não estar em local fechado (dentro de residência ou local muito arborizado); ter visibilidade de, ao menos, quatro satélites; e inexistência da alta atividade da ionosfera.

FIGURA 22 – VISIBILIDADE DO SATÉLITE



FONTE: Oliveira (2011, p. 13)

Dessa forma, os receptores GNSS possuem uma função muito importante, seja no levantamento de dados para os projetos de geoprocessamento, ou nos pontos de controle de campo, que auxiliam no processo de correção de produtos do sensoriamento remoto.

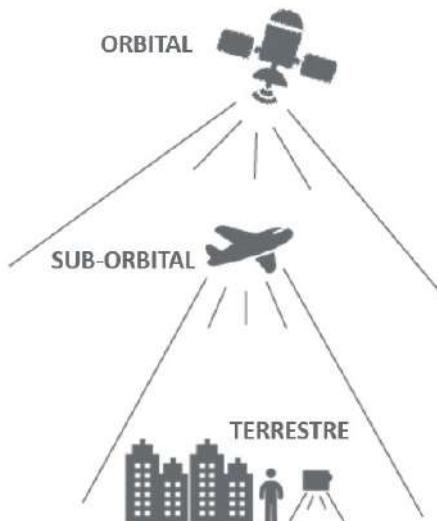
4 SENSORIAMENTO REMOTO

Resumidamente, o sensoriamento remoto pode ser entendido como ciência e tecnologia da captura de informações por meio da radiação eletromagnética, sem o contato direto com o objeto em questão. O IBGE (2018) conceitua o sensoriamento remoto da seguinte maneira:

O sensoriamento remoto é a técnica de obtenção de informações acerca de um objeto, área ou fenômeno localizado na Terra, sem que haja contato físico com ele. As informações podem ser obtidas através da radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais (sensor passivo), como o Sol, ou por fontes artificiais (sensor ativo), como o radar. São apresentadas na forma de imagens, sendo mais utilizadas, atualmente, aquelas captadas por sensores ópticos orbitais localizados em satélites (IBGE, 2018, p. 26).

De forma geral, como será apresentado na Figura 23, pelos níveis de coleta de dados, costuma-se dividir o sensoriamento remoto em orbital, sub-orbital e terrestre, visto que existe uma relação direta entre a distância do sensor com o objeto e o tamanho da superfície analisada. Os sensores orbitais capturam informações a partir dos satélites situados em diferentes órbitas ao redor do planeta, e, devido à grande distância do objeto analisado, conseguem coletar dados de grandes áreas da superfície terrestre.

FIGURA 23 – NÍVEIS DE COLETA DE DADOS DO SENSORIAMENTO REMOTO



FONTE: <<https://www.geoaplicada.com/wp-content/uploads/2018/02/niveis-de-coleta-de-dados-sensoriamento-remoto.png>>. Acesso em: 19 out. 2020.

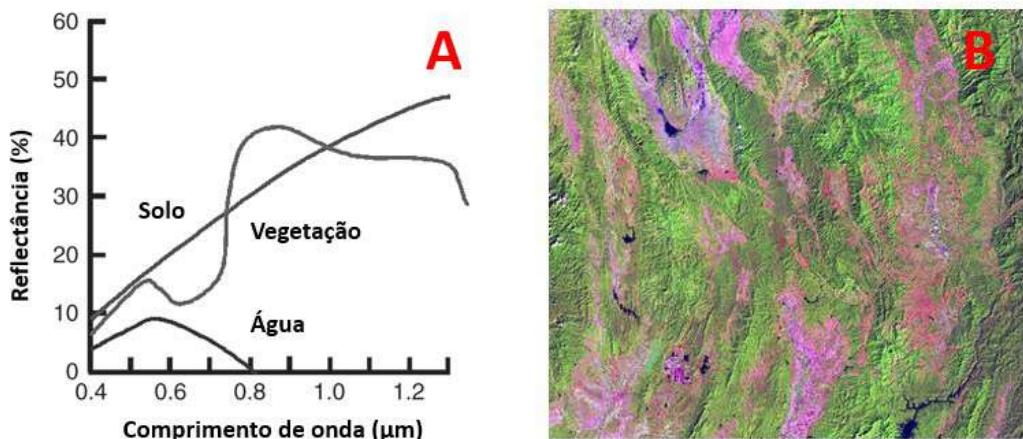
Já os sensores sub-orbitais, apesar de serem aerotransportados, não se encontram em órbita. Como exemplos, podemos destacar os balões, aviões e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), tendo, como produtos, as fotografias aéreas. Por fim, os sensores terrestres capturam informações de áreas pequenas, uma vez que são realizadas em campo ou em laboratório, por meio do uso de espectrorradiômetros, radiômetros e fotômetros.

5 SENsoRES NÃO IMAGEADORES E IMAGEADORES

Quanto ao tipo de produto, os sensores podem ser classificados em não imageadores e imageadores. Os sensores não imageadores, como o próprio nome sugere, são sensores que não geram imagens, mas a assinatura espectral, por meio do espectrorradiômetro e dígito, ou gráficos, pelo radiômetro.

Já os produtos dos sensores imageadores são fotografias ou imagens digitais da superfície analisada. Esses sensores descrevem a variação espacial da resposta espectral dos alvos observados.

FIGURA 24 – PRODUTO DE SENSOR NÃO-IMAGEADOR (A) E IMAGEADOR (B)

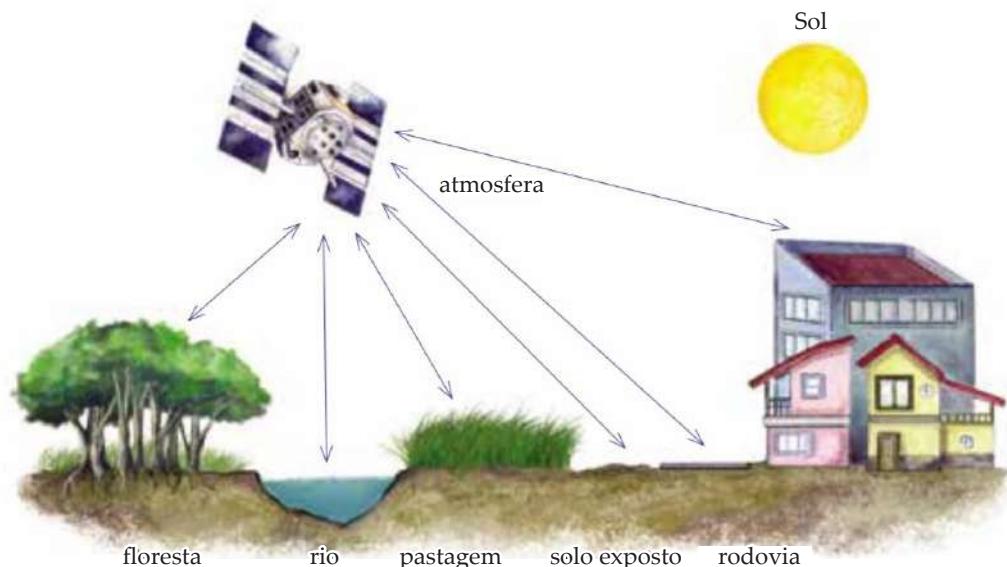


FONTE: O autor

6 SENsoRES ATIVos E PASSIVos

Em função da fonte de energia, os sensores são classificados em ativos e passivos. Conforme será apresentado, os sensores ativos não necessitam da fonte externa da radiação eletromagnética, uma vez que esses sensores possuem sua própria fonte de energia. Essa fonte de energia é, então, emitida nos objetos da superfície imageada. Na sequência, esses objetos, naturalmente, refletem a radiação. Por fim, há captação pelo mesmo sensor que emitiu, gerando o produto imageado.

FIGURA 25 – EXEMPLO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR ATIVO



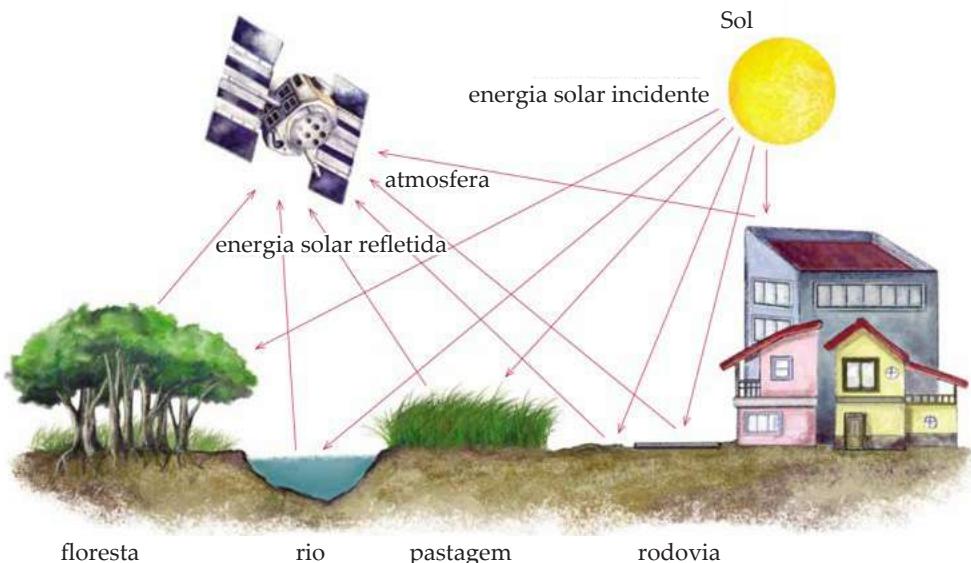
FONTE: IBGE (2018, p. 26)

Dentre as vantagens dos sensores ativos, ressalta-se o fato de serem operáveis, independentemente do tempo (por exemplo: presença de nuvens, neve ou chuva); podem fazer o monitoramento, independentemente do horário, visto que possuem sua própria fonte de energia; e conseguem captar informações da umidade do solo. Como desvantagens dos sensores ativos, as radiações emitidas pelo sensor poderem sofrer interferência de outras fontes de energia, além de análises difíceis e de alto custo.

Como sensores ativos, podem ser exemplificados os não imageadores, como o Radar Altímetro, o Scatterômetro e o Laser. Já entre os imageadores, destacam-se o Radar SAR (do inglês, Synthetic Aperture Radar, ou Radar de Abertura Sintética), o SONAR (do inglês, Sound Navigation and Ranging, ou Navegação e Determinação da Distância pelo Som) e o LIDAR (do inglês, Light Detection and Ranging, ou Sistema de Varredura a Laser).

Já os sensores passivos, por não possuírem fonte própria de energia, necessitam da fonte externa da radiação eletromagnética, que, na maioria das vezes, é o Sol. Diferentemente dos sensores passivos, eles apenas capturam a radiação emitida ou refletida de um objeto.

FIGURA 26 – EXEMPLO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR PASSIVO

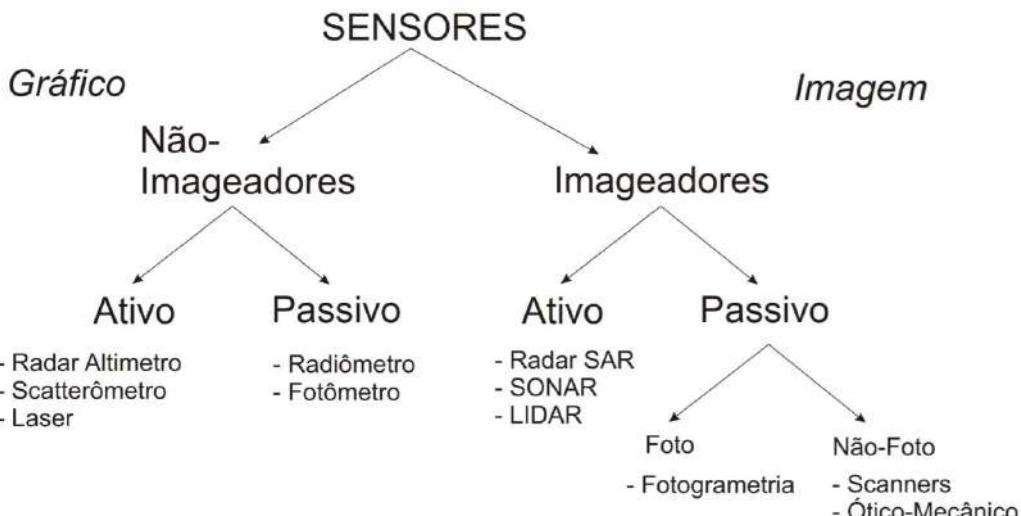


FONTE: IBGE (2018, p. 26)

Dentre as vantagens dos sensores passivos, muitos são sistemas scanners; e possuem muitas bandas espectrais estreitas (multiespectrais), podendo, dessa forma, gerar diferentes combinações de bandas, e, com isso, extrair, com mais facilidade, algum elemento em questão. Já se tratando das desvantagens dos sensores passivos, é possível destacar a questão dos fatores climáticos, por serem elementos limitantes para um bom imageamento e poderem apenas monitorar superfícies durante o dia, devido à dependência do Sol.

Dentre os sensores passivos, podem ser exemplificados os não imageadores, como o radiômetro e o fotômetro. Já com relação aos imageadores passivos, existe uma divisão entre foto (fotogrametria) e não foto (scanners e ótico-mecânico). A Figura 27 apresenta um resumo da classificação dos sensores quanto ao tipo de instrumento.

FIGURA 27 – CLASSIFICAÇÃO DOS SENSORES QUANTO AO TIPO DE INSTRUMENTO



FONTE: Machado e Kawakubo (2019, p. 4)



O Brasil (INPE) e a China (CAST), no programa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), desenvolveram cinco satélites, sendo, o último, o CBERS-4, lançado em 2014 e ainda ativo. Para fazer o download das cenas, acesse: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>.

7 RESOLUÇÕES DE IMAGENS DE SATÉLITE

Em projetos nos quais existe a necessidade de aquisição de imagens (oriundas de sensores ativos ou passivos imageadores), costuma-se debater a respeito de que elementos esse produto deve suprir, ou seja, o que deve ser identificado pela imagem, série histórica importa? Qual o recurso disponível para a aquisição do produto? Uma das formas para identificar qual sensor se enquadra melhor aos objetivos do projeto é por meio da análise de resoluções, as quais são classificadas em: resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e resolução temporal. Vamos conhecer cada uma delas?!

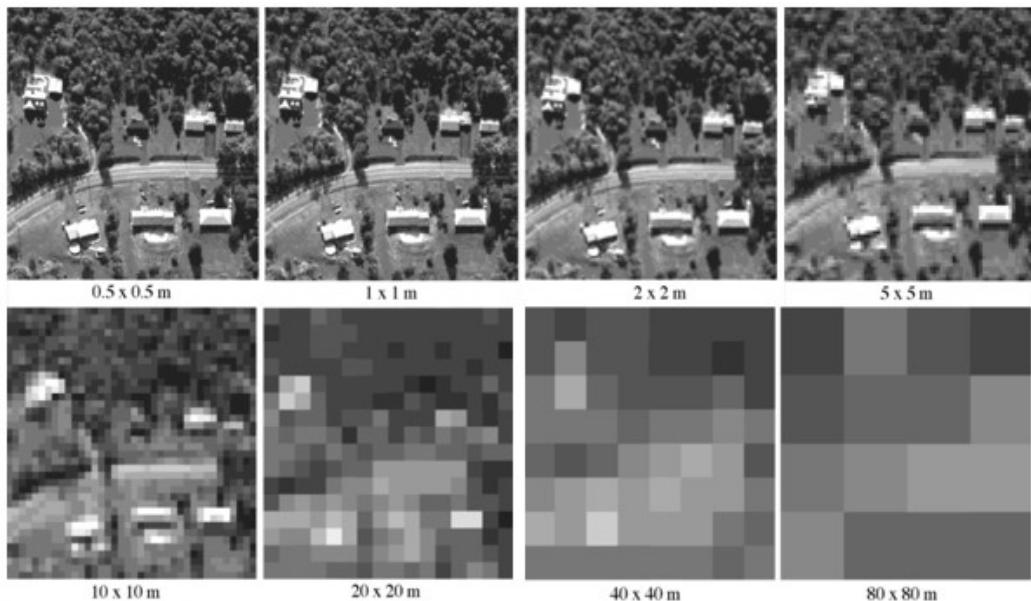
7.1 RESOLUÇÃO ESPACIAL

A resolução espacial pode ser definida como “a habilidade do sensor de identificar dois alvos próximos como pontos distintos” (NOVO; PONZONI, 2001, p. 40), ou seja, é a capacidade dos objetos de serem detectados na superfície terrestre pelos sensores. Percebe-se, então, uma clara relação da resolução espacial com o tamanho do pixel da imagem, uma vez que, quanto menor for um objeto, menor deverá ser o pixel da imagem, com isso, maior a resolução espacial. De acordo com Meneses e Almeida (2012, p. 25):

A resolução espacial é um importante parâmetro do sensor, porque ela determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem. Por definição, um objeto somente pode ser resolvido (detectado) quando o tamanho deste é, no mínimo, igual ou maior do que o tamanho do elemento de resolução no terreno, ou seja, da resolução espacial.

O conceito de resolução espacial e a importância do entendimento poderão ser observados na Figura 28: em uma mesma cena, são apresentadas imagens com diferentes resoluções espaciais.

FIGURA 28 – EXEMPLOS DE IMAGENS COM DIFERENTES RESOLUÇÕES ESPACIAIS



FONTE: Adaptado de Oliveira (2016)

Com o entendimento do conceito de resolução espacial, será apresentado um esquema. Segundo Antunes (2018), há algumas características identificáveis em sensores com faixas de resolução espacial de 1 a 5 metros, 10 a 15 metros, 20 a 30 metros e 80 a 100 metros.

QUADRO 7 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS IDENTIFICÁVEIS EM DIFERENTES RESOLUÇÕES ESPACIAIS

Resolução Espacial	Características
1 – 5 metros	<ul style="list-style-type: none"> Permite diferenciar tipos de edificações (casas, forma dos prédios, características dos tetos). Geração de cartografia para a escala humana, ou seja, é possível individualizar árvores, carros, ônibus, monumentos e arruamento intraurbano. Identificação de áreas agrícolas menores.
10 – 15 metros	<ul style="list-style-type: none"> Identificação dos quarteirões de uma cidade, edifícios e ruas principais. Detalhamento de áreas florestais. Identificação de minerações e áreas agrícolas.
20 – 30 metros	<ul style="list-style-type: none"> Identificação de regiões urbanas, aeroportos, rodovias principais e ferrovias. Identificação de grandes áreas florestais e agrícolas, bacias hidrográficas e caracterização da cobertura do solo. Identificação de lineamentos geológicos.
80 – 100 metros	<ul style="list-style-type: none"> Cartografia de estruturas geológicas regionais. Cartografia de grandes bacias hidrográficas e extensas áreas florestais e agrícolas.

FONTE: Adaptado de Antunes (2018)

7.2 RESOLUÇÃO ESPECTRAL

De acordo com Meneses e Almeida (2012), o termo resolução espectral envolve, pelo menos, três parâmetros de medida:

- número de bandas que o sensor possui;
- largura, em comprimento, da onda das bandas;
- as posições que as bandas estão situadas no espectro eletromagnético.

Dessa forma, quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior a discriminação do alvo na cena e melhor a resolução espectral (MELO, 2002). Ou seja, um sensor pode gerar uma imagem com maior resolução espectral em relação a outro sensor quando possui maior número de bandas e com larguras estreitas de comprimentos de onda. A respeito disso, Meneses e Almeida (2012, p. 29) afirmam:

Essa necessidade é devido às diferenças relativas de reflectância entre os materiais da superfície da Terra, que permitem distinguir um material do outro em determinados comprimentos de onda. Por exemplo, as gemas são mais facilmente diferenciadas nos comprimentos de onda do visível, devido à diferença de cores que, na maioria, é controlada por pequenas impurezas nas estruturas cristalinas. Por outro lado, as rochas evidenciam as diferenças espectrais mais nos comprimentos de onda do infravermelho próximo e de ondas curtas.

Como vantagens de um sensor multiespectral, possuir alta resolução espectral é o “apoio” dado à resolução espacial, uma vez que, devido ao poder de contraste, por vezes, objetos de dimensões menores do que a resolução espacial passam a ser identificáveis. Por possuir um número maior de bandas, maiores são as possibilidades de combinações, além de ser mais fácil extrair valores.

FIGURA 29 – EXEMPLO DE RESOLUÇÃO ESPECTRAL



FONTE: <https://www.geoaplicada.com/wp-content/uploads/2018/02/resolu%C3%A7%C3%A3o_espectral_sensoriamento_remoto.jpg>. Acesso em: 19 out. 2020.

Como apresentado, ambas as imagens são produtos do Satélite Sentinel 2, entretanto, a da esquerda é a cena representada pela luz visível, já a da direita é apresentada com uma composição colorida, em que é possível identificar, com nitidez, diferenças de estágios da vegetação, os corpos d'água e dunas.

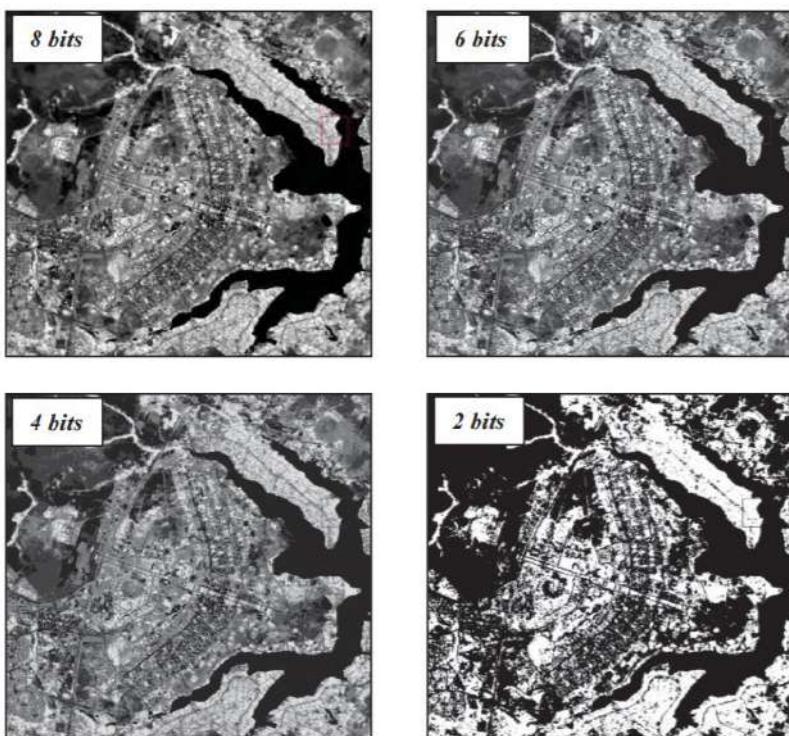
7.3 RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA

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

A medida, pelos detectores, da intensidade de radiância da área de cada pixel unitário, é denominada de resolução radiométrica. Maior será a resolução radiométrica se maior for a capacidade do detector para medir as diferenças de intensidades dos níveis de radiância. Quanto maior for essa capacidade, maior será a resolução radiométrica. Ela define o número de níveis de radiância que o detector pode discriminar.

A resolução radiométrica possui relação direta, com capacidade do sensor de interpretar números de níveis (tons) de cinza em uma imagem. O número de níveis de cinza, expresso em bits, significa que uma imagem de 16 bits ou (2^{16}) possui 65.356 níveis de cinza, ou seja, uma resolução radiométrica maior do que uma imagem com 1 bit (2^1), que representa a monocromia, o preto e o branco.

FIGURA 30 – DIFERENÇAS DE NÍVEIS DE RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA



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

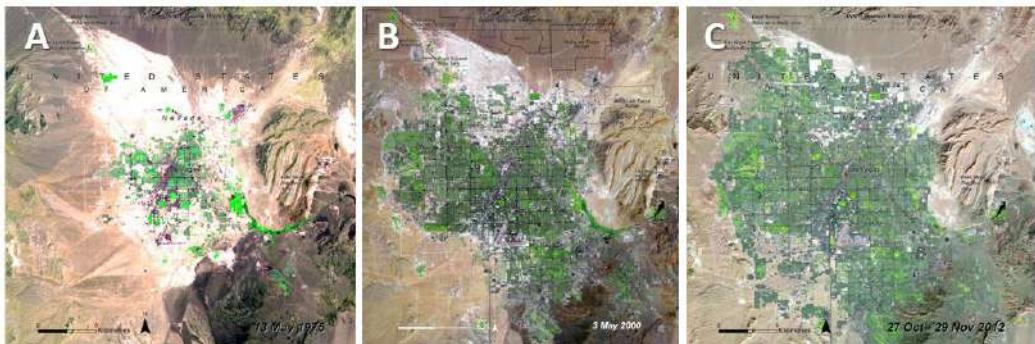
Na Figura 30, é apresentada a mesma cena, porém, em quatro imagens com diferentes resoluções radiométricas. É possível observar que, quanto menos bits, menor o nível de cinza, e, com isso, menos detalhes são perceptíveis à imagem.

7.4 RESOLUÇÃO TEMPORAL

A resolução temporal se refere ao período de revisita de um mesmo local na superfície terrestre, ou seja, sensores que levam menos dias para retornar ao mesmo ponto possuem resoluções temporais maiores do que os que precisam de mais dias. A resolução temporal é ainda mais importante para os sensores passivos, uma vez que, ao estarem expostos a interferências climáticas, existe a possibilidade de, no instante em que o sensor estiver sobrevoando a área de estudo, as condições meteorológicas não serem ideais e, com isso, o produto precisar ser invalidado, sendo necessário aguardar o próximo imageamento.

O exposto na Figura 31 representará a importância dos resgates históricos, pois, a partir deles, é possível compreender a rápida expansão urbana de Las Vegas (EUA). (A) é referente ao ano de 1975; (B) ao ano 2000; e (C) ao ano 2012.

FIGURA 31 – SÉRIES HISTÓRICAS



FONTE: Adaptado de UNEP (2013)

Dessa maneira, a resolução temporal é muito importante para atividades de monitoramento da agricultura, desmatamento florestal, desastres naturais e demais atividades que exigem imageamento repetitivo em um curto espaço de tempo. Por fim, ressalta-se a importância das séries históricas, que são geradas a partir de cada imageamento. A partir delas, é possível “contar o passado”, além de entender o presente e projetar o futuro por meio das modelagens dinâmicas.

8 CARTOGRAFIA DIGITAL

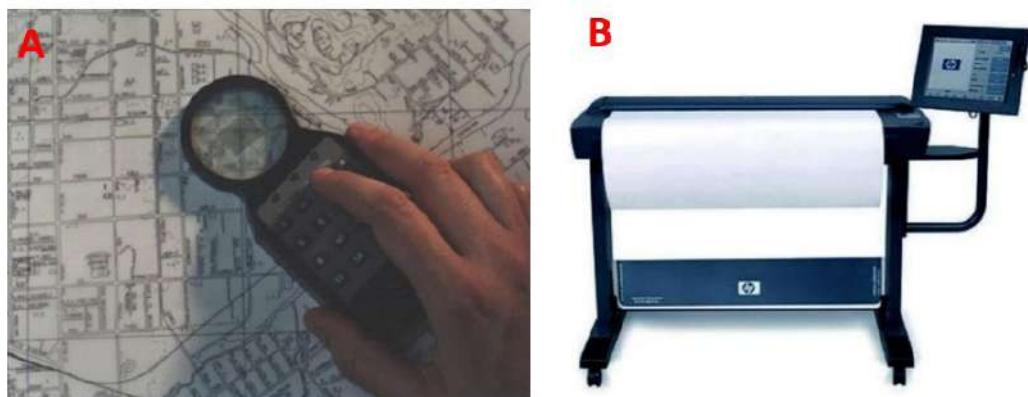
Com o advento da tecnologia, é cada vez mais raro encontrar um profissional que elabore um produto cartográfico de maneira analógica. Além disso, os produtos que estão no papel podem ser muito úteis no formato digital. Por isso, a cartografia digital é extremamente necessária nos dias de hoje, segundo Soares Filho (2000, p. 3):

Um sistema de Cartografia Digital (CD) pode ser compreendido como um conjunto de ferramentas, incluindo programas e equipamentos, orientado para a conversão para o meio digital, armazenamento e visualização de dados espaciais. Um sistema de Cartografia Digital tem, como ênfase, a produção final de mapas.

Os produtos cartográficos, como mapas, cartas e plantas, têm, como objetivo, transmitir a informação ao usuário a partir da espacialização dos dados. Muitas vezes, esses produtos estão em formatos analógicos, e poderiam servir como uma importante fonte de informações para projetos de geoprocessamento, como um mapa de zoneamento do plano diretor de um município. Para isso, é feito o processo de digitalização de produtos cartográficos, que é o processo de transformação de um produto analógico em digital.

O processo de conversão para o meio digital pode ser realizado de algumas maneiras, como as mesas digitalizadoras e scanners (rastreadores óticos).

FIGURA 32 – CURSOR DE UMA MESA DIGITALIZADORA (A) E SCANNER (B)



FONTE: O autor

Atualmente, com o avanço tecnológico, o uso das mesas digitalizadoras é cada vez menos frequente, uma vez que a precisão desse procedimento está relacionada a três fatores: resolução da mesa, prática do operador e precisão do dado. Já o processo de digitalização por scanners está basicamente relacionado com a precisão do dado. Entretanto, para esse caso, Piroli (2010, p. 7) alerta que:

[...] Deve-se tomar cuidado com a resolução adotada no processo de conversão, buscando-se evitar resoluções muito baixas, o que pode comprometer a qualidade das informações. Também deve-se analisar bem o uso de resoluções muito altas, pois, muitas vezes, elas não agregam qualidade ao produto, aumentando somente o tamanho dos arquivos gerados. Esse problema pode ser evitado, calculando-se a resolução em função da escala dos mapas, cartas ou fotografias aéreas, e se adotando esta para a definição da resolução do produto digitalizado.

Os sistemas de Cartografia Digital (CD), por vezes, possuem seu conceito relacionado a softwares do Desenho Assistido por Computador (CAD), entretanto, com o foco especializado para a cartografia. “Portanto, um sistema de CD deve ser capaz de manipular elementos na forma de ponto, linha, áreas em conjunto com os seus rótulos. Alguns elementos gráficos manipulados pelo sistema são: linhas, polilinhas, polígonos fechados, formas complexas, elipses, círculos, arcos e textos” (MGE-PC, 1992 *apud* SOARES FILHO, 2000, p. 4).

Para Soares Filho (2000), algumas funções desejadas para um sistema de CD são:

- Entrada de dados, edição e manipulação.
- Operações básicas de desenho.
- Visualização de diagramas.
- Visualização de feições pontuais e lineares.
- Programa de hachuramento de áreas.
- Programa de desenho de contorno ou isolinhas.
- Suporte para projeções cartográficas, incluindo transformações de coordenadas e medidas de distâncias entre dois pontos, considerando a curvatura da Terra.
- Apresentação de cartogramas variados.
- Facilidade para cópias em papel.
- Cálculo da área e perímetro.
- Ferramentas de limpeza, generalização de linhas e redução da complexidade de uma linha ou limite de áreas.
- Posicionamento preciso de feições através da entrada de coordenadas pelo teclado.
- Posicionamento de elementos em níveis lógicos (noção de camadas ou planos de informação ou layers).
- Associação de atributos aos elementos cartográficos.
- Manipulação de objetos gráficos. Pontos, linhas e áreas podem ser combinados para representar um único fenômeno ou ente espacial.
- Definição e representação de estilo, peso e cor de um elemento gráfico.
- Facilidade para copiar, rotacionar, transladar, espelhar, ampliar e reduzir.
- Elaboração da grade de coordenadas.
- Biblioteca de símbolo.

Por fim, pode-se concluir que “a cartografia digital cria novas possibilidades para trabalhar, no meio computacional, com informações georreferenciadas da superfície terrestre, sem desconsiderar os conhecimentos cartográficos” (SOUSA; FREITAS, 2017, p. 1358).

9 DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)

Embora os softwares de Desenho Assistido por Computador (CAD) não serem desenvolvidos, exclusivamente, para projetos de geoprocessamento, sua história e evolução tecnológica estão associadas aos softwares dos sistemas de informação geográfica. Entretanto, cabe reforçar que os SIG e os CAD possuem objetivos distintos, logo, possuem diferenças de funcionamento, por exemplo: os dados vetoriais e matriciais de um SIG estão associados a uma base de dados geográfica; já no CAD, a simbologia expressa a informação do dado. Em um CAD, é possível trabalhar com sistema de coordenadas cartesiano, e o sistema não é capaz de calcular transformações se houver a necessidade de alteração do sistema de referência do projeto.

Entretanto, o sistema CAD foi desenvolvido para realizar desenhos técnicos, e, por isso, é muito utilizado em projetos de engenharia, como no projeto geométrico de rodovias, usinas hidroelétricas, linhas de transmissão, cadastro do município etc. Dessa forma, pela ótica de projetos de geoprocessamento, os dados dos projetos citados podem ser muito importantes para novos estudos que exijam análises espaciais. Apesar de serem visualizáveis em um ambiente SIG, os dados em CAD possuem limitações nesse ambiente, principalmente, pelo fato de não terem informações alfanuméricas associadas à geometria (ponto, linha ou polígono). Dessa forma, para serem mais bem utilizados no ambiente SIG, é necessária a conversão para algum arquivo vetorial, como *shapefile*, por exemplo.

Na sequência, é sugerida a leitura complementar do artigo do professor Jorge Xavier da Silva, um dos precursores do geoprocessamento no Brasil. De maneira simples e elegante, ele conceitua geoprocessamento e a importância de o tema não ser confundido com o conjunto das geotecnologias.

LEITURA COMPLEMENTAR

O QUE É GEOPROCESSAMENTO?

Jorge Xavier da Silva

Conceito não pode ser confundido com todo o conjunto das geotecnologias, como o sensoriamento remoto, a cartografia e os Sistemas de Posicionamento Global (GPS).

O geoprocessamento, como conceito, evolui com o crescimento da utilização de seus métodos e técnicas. É notório que, com a classificação de ambientes, segundo suas múltiplas características, o planejamento e a gestão de ambientes são campos técnico-científicos beneficiados pelo uso do geoprocessamento. Um efeito perverso da utilização do geoprocessamento são as tentativas da sua definição.

Um caso emblemático “desavisado” considera, como geoprocessamento, todo o conjunto das geotecnologias, ou seja, o sensoriamento remoto, a cartografia, os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), e outros ramos. Tal perspectiva consegue turvar as mentes de alguns jovens pesquisadores. Trazer elementos que distingam o geoprocessamento de outros ramos geotecnológicos é o objetivo deste texto. Para acesso inicial ao tema, cita-se o Capítulo 4 do livro *Sistemas de Informação Geográfica – SIG e Cartografia – em LOCH, R. E. N.; 2006*. Para iniciar as presentes considerações, observe a afirmação: “[...] Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciadas, para a transformação em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante” (XAVIER DA SILVA, 2001, p. 12-13).

CRÍTICAS E AUTOCRÍTICAS

Criar dados não significa, diretamente, gerar informação. Qualquer ação repousa, axiomaticamente, em um referencial. Segue-se que o ganho de conhecimento (informação), originado a partir dos registros de ocorrência (dados), somente se concretiza se os dados são integrados ao referencial adequado. No geoprocessamento, o referencial é, obviamente, o contexto ambiental. É o referencial do geoprocessamento. Ainda, a geração da informação pela integração racional dos dados ambientais pode ser denominada geoinclusão.

No geoprocessamento, são tratados enormes volumes de dados, exigindo “técnicas computacionais” e disponibilizados atributos geopológicos, para fins de análises, sínteses e utilização imediata no planejamento ambiental e na gestão territorial. Tornam-se reveláveis atributos espaciais dos fenômenos, como: localizações sistemáticas ou eventuais; extensões de ocorrência e respectivos níveis diversos de intensidade; formas e padrões de distribuição espacial; níveis

de proximidades geográficas, de tempo e de custo; relacionamentos hierárquicos e funcionais de inúmeras naturezas, a serem usados em classificações ambientais, em simulações sinérgicas e na elaboração de cenários prospectivos.

Outra definição para geoprocessamento, ampliada e pragmática, pode ser adotada: um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, atuando sobre bases de dados georreferenciados por computação eletrônica, propicia a geração de análises e sínteses que consideram, conjugadamente, as propriedades intrínsecas e geopológicas dos eventos e entidades identificados, criando informação relevante para apoio à decisão quanto aos recursos ambientais. Nessa definição, estão explicitados: a) o uso maciço de bases de dados georreferenciadas, imprescindível para a identificação de relações geopológicas; b) os métodos computacionais, que estão contidos no termo “geoprocessamento”, permitem varreduras seletivas e conjugadas de matrizes de dados, definidoras de incidências territoriais comuns de múltiplas variáveis; c) a finalidade operacional de transformar dados em informação; d) a finalidade formal do geoprocessamento, que é a geração de conhecimentos para apoio à decisão quanto aos recursos físicos, bióticos e socioeconômicos do ambiente.

INFORMAÇÃO MAL APROVEITADA

É correto e útil afirmar que não devem ser confundidos o geoprocessamento, a Cartografia Digital (CD), o Sensoriamento Remoto (SR) e o “Global Positioning System” (GPS). Existem sombreamentos entre esses ramos do saber, porém, suas finalidades principais diferem. A CD, o SR e o GPS estão nítida e profundamente envolvidos com a geração e qualidade dos dados, enquanto o geoprocessamento se centra na geração da informação ambiental, potencializada através da geoinclusão. As dependências são óbvias. Como fazer estudos ambientais sem dados? Como conduzir o planejamento ambiental e a gestão ambiental? Onde são geoincluídos e postos em evidência os produtos da CD, do SR e do GPS, diante dos entendimentos e direcionamentos equivocados com que são percebidos, administrados e utilizados os dados e a informação do ambiente?

A CD utiliza conhecimentos geodésicos, de topografia, de processamento gráfico, de informática etc. Tem, como finalidade principal, a geração de mapeamentos inteiramente confiáveis e retratadores da distribuição espacial de entidades e eventos a partir de recursos gráficos, escalas e resoluções espaciais. As atividades técnico-científicas relacionadas com a CD, assim como as relativas ao SR e ao GPS, são extremamente absorventes e demandam atualização constante quanto a inovações.

O SR utiliza, como dados, as respostas teledetectadas oferecidas por fenômenos ambientais à incidência de formas de energia naturais ou artificialmente provocadas. O SR exige a criação de estruturas analíticas classificatórias que permitam a tradução dos dados físicos para as formas usadas na pesquisa ambiental. Os dados brutos são objeto de reestruturações adequadas aos diversos campos técnico-científicos. A proposição dessas transformações forçosas constitui

uma finalidade formal da pesquisa em SR. São exemplos: a identificação de fitofisionomias específicas, baseada em razões entre dados relativos a diferentes faixas do espectro eletromagnético e os monitoramentos setoriais e mapas de síntese (localização de queimadas e uso da terra), efetuados após a devida escolha dos sensores e das suas características específicas. Deve ser ressaltado que o uso do SR permite constatar tamanhos, direções, sentidos e intensidades de alterações ambientais, informação essencial para as prognoses ambientais.

O geoprocessamento usa dados já identificados e estruturados para gerar informação. No SR, diferentemente, os dados teledetectados estiveram originalmente contidos, de forma inteiramente codificada, em estruturas locacionais do tipo recobrimentos de imagens orbitais, mosaicos aerofotográficos e semelhantes, requerendo transcrição para bases de dados georreferenciados, uma estrutura de armazenamento e recuperação de dados típica (mas não exclusiva) do geoprocessamento. Com essa transposição, podem ser diretamente obtidos resultados relevantes, como são os mapas temáticos. Nota-se, entretanto, que, na mesma estrutura de SR, podem não estar disponibilizadas as possibilidades de análise, reestruturação e integração dos dados do geoprocessamento. Para conseguir essa ampliação do uso dos dados teledetectados, torna-se necessário conjugar os sistemas de SR e geoprocessamento, como acontece no sistema de vigilância ambiental da Amazônia, ainda hoje conhecido como SIVAM.

GPS: GEOTECNOLOGIA RECENTE

Quanto ao GPS, é geotecnologia de uso crescente em estudos ambientais de diversas naturezas, envolvendo a engenharia, as geociências e muitos outros campos científicos. Existem vários níveis de exatidão e precisão associados aos equipamentos de GPS, para uso em diferentes aplicações técnico-científicas. Podem ser citados: a) os níveis de precisão geodésica, de maior custo e, normalmente, destinados a posicionamentos de maior detalhe; b) os níveis de precisão ditos diferenciais, de custo intermediário e destinados, em geral, ao posicionamento e à delimitação de áreas; e c) o nível de menor custo, associado à identificação sumária de posicionamentos e extensões de feições ambientais típicas das geociências, entre outros ramos do conhecimento. Em suma, a tecnologia GPS está diretamente ligada aos absorventes esforços de melhoria na geração de dados ambientais, o que dispensa maiores considerações quanto ao uso em análises e sínteses ambientais, o que não impede que seus especialistas venham a fazer nos campos técnico-científicos.

O sombreamento entre os ramos de conhecimento citados é inevitável. Existem profissionais altamente qualificados em geoprocessamento que têm diferentes formações acadêmicas. Tal fato é propício ao desenvolvimento científico, e não significa que um especialista esteja proibido de extrair informação de dados, pela forma que achar conveniente. A proibição do uso de técnicas e métodos, aberta ou velada, é praticada desde a época das corporações de ofício. Essa negação de uso, no caso do geoprocessamento, pelo menos, é perseguida através da adoção de perspectivas excludentes na definição de atribuições

profissionais. Qualquer que seja sua origem profissional, um pesquisador ou um técnico estará fazendo geoprocessamento ao operar sobre bases georreferenciadas e usar técnicas computacionais que considerem, em uma mesma estrutura de análise e sintetização, os atributos e relações específicos dos fenômenos estudados, além das distribuições espaciais.

Cabe, ao pesquisador, reconhecer que relações espaciais do seu interesse, denominadas geopolíticas, são explicitadas e tornadas disponíveis pelos métodos e técnicas utilizados especificamente pelo geoprocessamento. Normalmente, os técnicos e pesquisadores ficam maravilhados com as potencialidades de geração de dados dos sistemas de SR, GPS e CD, abundantemente propaladas por interesses comerciais. Por outro lado, os mesmos profissionais ficam assobrados pela demanda constante de atenção para as imperiosas necessidades da entrada de dados, análises de consistência, esforços de atualização e controle da disponibilização de bases de dados georreferenciados, típicas da CD, do SR e do GPS. O resultado, muitas vezes, é a perda do senso crítico necessário para não confundir a extração da informação georreferenciada, que é o objetivo central do geoprocessamento, com a geração, armazenamento, atualização, exibição e disseminação dos dados. Torna-se mais fácil aceitar o caminho globalizante de colocar as geotecnologias dentro de uma nuvem indistinta: aceita-se a afirmação simplificadora de que tudo é geoprocessamento.

CONCLUSÕES

A última afirmação anterior não é tão inocente quanto possa parecer à primeira vista. Ela valoriza, excessivamente, as tarefas técnicas, e coloca, em plano menos acessível, o dispêndio do tempo do pesquisador na reflexão e consequente criação de novos conceitos, métodos e técnicas de geoprocessamento. É seguida a lei do menor esforço para cumprir suas obrigações profissionais. Com isso, cria-se uma enorme massa de pesquisadores que seguem acriticamente procedimentos propalados como as únicas normas aceitáveis. A quem interessa a existência desse enorme rebanho de seres amestrados que, pelo contrário, deveriam se constituir na massa pensante quanto ao uso racional e pragmático de recursos computacionais na pesquisa ambiental? Em outros termos, pode-se afirmar que a adoção de uma definição de geoprocessamento, abrangendo as atividades de geoprocessamento propriamente dito, cartografia digital, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global, serve à proliferação de uma falta de percepção quanto à natureza das atividades, por parte de técnicos e pesquisadores usuários de grandes bases de dados. Em última conclusão: pelo menos, para efeitos da denominação de campos técnico-científicos, a geração e a manutenção de bases de dados não podem ser tomadas como equivalentes à extração de informação relevante através de análises e sínteses efetuadas a respeito dos dados.

FONTE: XAVIER DA SILVA, J. O que é geoprocessamento? *Revista do Crea-RJ*, Rio de Janeiro, n. 79, p. 42-44, out./nov. 2009. Disponível em: <http://www.ufrj.br/lga/tiagomarino/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

RESUMO DO TÓPICO 4

Neste tópico, você aprendeu que:

- A topografia, o GNSS, o sensoriamento remoto, a cartografia digital, o CAD e o SIG são geotecnologias de extrema importância para os projetos de geoprocessamento.
- Existem outros sistemas de navegação por satélite além do GPS, como o GLONAS, Galileo e Compass.
- O Brasil possui uma Rede de Monitoramento Contínuo (RBMC) que é responsável por estabelecer uma ligação entre os sistemas de referências internacionais com o SIRGAS 2000.
- O sensoriamento remoto, pelos níveis de coleta de dados, costuma-se dividir em sensoriamentos remotos em orbital, sub-orbital e terrestre.
- Os sensores são classificados quanto ao tipo de produto (imageadores e não imageadores) e quanto à função da fonte de energia (passivo e ativo).
- Existem quatro tipos de resoluções em imagens de satélite: espacial, espectral, radiométrica e temporal.
- A digitalização de mapas pode ser realizada por meio de scanners. Embora pouco frequente, também, por mesa digitalizadora.



Ficou alguma dúvida? Construímos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.



AUTOATIVIDADE



1 O sensoriamento remoto pode ser entendido como ciência e tecnologia da captura de informações por meio da radiação eletromagnética, sem o contato direto com o objeto em questão. Acerca do sensoriamento remoto, leia com atenção as afirmativas:

- I- Quanto ao tipo de produto, os sensores podem ser classificados em não imageadores e imageadores.
- II- Em função da fonte de energia, os sensores são classificados em ativos e passivos. Os sensores passivos possuem a sua própria fonte de energia (radiação eletromagnética), que é capaz de emitir a radiação sobre os objetos da superfície imageada.
- III- A resolução radiométrica envolve, pelo menos, três parâmetros de medida: o número de bandas que o sensor possui; a largura, em comprimento, da onda das bandas; e as posições das bandas no espectro eletromagnético.
- IV- Existe uma direta relação da resolução espacial com o tamanho do pixel da imagem, uma vez que, quanto menor for um objeto, menor deverá ser o pixel da imagem, com isso, maior a resolução espacial.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas I e IV estão corretas.
- d) () Todas as alternativas estão corretas.
- e) () Todas as alternativas estão erradas.

2 Por meio do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), é possível definir, com precisão, a localização dos objetos, por isso sua utilização é cada vez mais importante em diferentes setores. A respeito do GNSS, identifique a resposta CORRETA:

- a) () O GPS é o sistema de iniciativa civil mais antigo em operação e com o maior número de satélites até o momento.
- b) () O GLONASS, sistema chinês, apesar de não ser o sistema com o maior número de satélites, foi o segundo sistema a possuir cobertura a nível global.
- c) () O Compass, sistema russo, apesar de não ser o sistema com o maior número de satélites, foi o segundo sistema a possuir cobertura a nível global.
- d) () O Galileo, sistema da comunidade europeia, possui uma vantagem em relação aos demais, é o único desenvolvido por civis.
- e) () Apenas o GPS e o Compass estão completamente operacionais a nível global.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, A. F. B. **Fundamentos de sensoriamento remoto em ambiente de geoprocessamento.** Curitiba: UFPR, 2018. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~felipe/Amb_SR.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 1-22, 2008. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/3483>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BARISON, M. B. **Geométrica:** desenho geometria e arquitetura on-line. Londrina: UEL, 2007. Disponível em: <http://www.mat.uel.br/geometrica>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BARROS, J. O que é o sensoriamento remoto? Conceitos e características. **Geo aplicada**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/sensoriamento-remoto/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BLITZKOW, D. **Sistema de posicionamento por satélite - GPS.** São Paulo: Epusp, 2002. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/ptr/ltg/FTP/dgps2201-07-v1.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BRYS, L. M. **Cálculos geodésicos - aplicações on-line.** Porto alegre: UFRGS, 2005. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lageo/calculos/inicial.html>. Acesso em: 14 jun. 2020.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponivel em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

CAMPOS, A. C. **Cartografia e geografia:** a importância dos mapas na construção do conhecimento geográfico. São Cristovão: UFSE/CESAD, 2007. Disponível em: https://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11183804042012Cartografia_Basica_Aula_1.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

CARVALHO, E. A. de; ARAÚJO, P. C. de. **A cartografia:** bases conceituais. Natal; João Pessoa: UFRN; UFPB, 2008. Disponível em: http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A02_B_WEB.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

DALAZOANA, R.; LUZ, R. T.; DE FREITAS, S. R. C. Estudos do NMM a partir de séries temporais maregráficas e de altimetria por satélites visando à integração da rede vertical brasileira ao SIRGAS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57, n. 2, p. 140-153, 2005. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44953/23963>. Acesso em: 30 maio 2020.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

EMBRAPA. **Geotecnologias e geoinformação**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107363/1/500P-Geotecnologias-e-geoinformacao-ed01-2014.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Caderno de instrução de geoinformação**. Brasília, DF: Comando do Exército, Departamento de Ciência e Tecnologia, 2018. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/CI_Geinfo_1aEdicao_211218.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

FRACZEK, W. **Mean sea level, GPS, and the Geoid**. 2003. Disponível em: <https://www.esri.com/news/arcuser/0703/geoid1of3.html>. Acesso em: 14 jun. 2020.

FRANCISCHETT, M. N. **A cartografia no ensino de Geografia**: a aprendizagem mediada. 2001. Disponível em: http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/01/01_mafalda.pdf. Acesso em: 14 maio 2020.

FREIBERGER JUNIOR, J. **Análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT**. 2002. 136f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2002. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40704/D%20-%20JAIME%20FREIBERGUER%20JUNIOR.pdf?jsessionid=F5956D49776A6AC5EAF67A0122DE2D56?sequence=2>. Acesso em: 14 maio 2020.

GRIPP JUNIOR, J.; SOARES, V. P. Uso do geoprocessamento no planejamento e gerenciamento das atividades pecuárias (GPS, SIG, mapas, imagens de satélite...). In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 5., 2006, Viçosa. **Anais** [...]. Viçosa: UFV, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5133866-Uso-do-geoprocessamento-no-planejamento-e-gerenciamento-das-atividades-pecuarias-gps-sig-mapas-imagens-de-satelite.html>. Acesso em: 30 maio 2020.

GROHMANN, C. **Geoprocessamento com GRASS-GIS**. São Paulo: USP, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3502184.v1>. Acesso em: 5 out. 2020.

IBGE. **Atlas geográfico escolar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101627.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil MAPGEO2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartograma/rel_mapgeo2015.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico escolar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=244152>. Acesso em: 15 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções básicas de cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv8595_v1.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Classificação de imagens. **Spring Manuais**, Tutorial de Geoprocessamento, [S. l.], 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 26 jun. 2020.

LAMPARELLI, R. **Conceitos de SIG**. Campinas: Unicamp, 2006. Disponível em: <http://www.agemcamp.sp.gov.br/midia/sig01.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

MACHADO, R. P. P.; KAWAKUBO, F. S. **Sensoriamento remoto aplicado à geografia: sensores**. São Paulo: USP, 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/367706/mod_resource/content/2/Aula4SR.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

MEADEN, G. J. AGUILAR-MANJARREZ, J. **Advances in geographic information systems ans remote sensing fos fisheries and aquaculture**. Rome: Food and Agriculture Organization os the United States, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285400330_Advances_in_geographic_information_systems_and_remote_sensing_for_fisheries_and_aquaculture. Acesso em: 14 jun. 2020.

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.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF: UNB, 2012. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>. Acesso em: 14 jun. 2020.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001.

NICACIO, E. Análise do comportamento da variância a posteriori no ajustamento de observações com injunções - Um estudo de caso com aplicação geodésica. In: Simpósio de Métodos Numéricos em Engenharia, 1., 2016, Curitiba, **Anais** [...]. Curitiba: UFPR, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325952954_Analise_do_comportamento_da_variancia_a_posteriori_no_ajustamento_de_observacoes_com_injuncoes_-_um_estudo_de_caso_com_aplicacao_geodesica. Acesso em: 14 jun. 2020.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

OLAYA, V. **Introduction to GIS**. [S. l.]: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018. Disponível em: <https://volaya.github.io/gis-book/en/index.html>. Acesso em: 14 set. 2020.

OLIVEIRA, B. S. **Satélite e sensores**. São José dos Campos: INPE, 2016. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

OLIVEIRA, J. C. de. Conceitos básicos sobre posicionamento por satélites artificiais. In: CURSO DE USO ESCOLAR DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DO MEIO AMBIENTE, 14., 2011, São José dos Campos. **Apresentação** [...]. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/Apresentacao_GPS.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp, 2010. Disponível em: http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoprocessamento.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato**. Curitiba: Sagres, 1993.

ROQUE, C. G.; OLIVEIRA, I. C.; FIGUEIREDO, P. P.; BRUM, E. V. P.; CAMARGO, M. F. Georreferenciamento. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p. 87-102, 2006.

ROSA, F. S. **Impactos da informática na cartografia**. São Paulo: LEMADI, 1996.

SAMPAIO, T. **Cartografia temática**. Curitiba: UFPR, 2009. Disponível em: <http://www.prppg.ufpr.br/site/ppggeografia/wp-content/uploads/sites/71/2018/03/cartografia-temtica.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

SANCHEZ, M. C. Conteúdo e eficácia da imagem gráfica. **Boletim de Geografia Teórica**, São Paulo, v. 11, n. 21/22, p. 74-80, 1981.

SANTOS, A. R. dos; SILVA, R. G. da; SOUZA, K. B. de. **Fundamentos teóricos de geotecnologias**: módulo 01 - elementos de cartografia. Alegre: UFES, 2016. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo_Elementos_Cartografia/Apostila_Modulo_01_Capitulo_01.pdf. Acesso em: 30 maio 2020.

SOARES FILHO, B. S. **Cartografia assistida por computador – Conceitos e métodos**. Belo horizonte: UFMG, 2000. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/cartodigital.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

SOUSA, I. B.; FREITAS, M. I. C. Cartografia digital, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas aplicados à cartografia escolar: novas perspectivas para as práticas docentes em Geografia no Ensino Fundamental II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA; EXPOSICARTA, 27.; 26., 2017, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: SBC, 2017. Disponível em: http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/7/fullpaper/CT07-12_1504992966.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

TATE, L. An overview of GIS history. **Geospatial World**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Division of early warning and assessment (DEWA)**. Nairóbi, 2013. Disponível em: <https://na.unep.net/atlas/webatlas.php?id=2224>. Acesso em: 14 jun. 2020.

XAVIER DA SILVA, J. O que é geoprocessamento? **Revista do Crea-RJ**, Rio de Janeiro, n. 79, p. 42-44, out./nov. 2009. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/lga/tiagomarino/artigos/oquegeoprocessamento.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

WOLF, P. R.; BRINKER, R. C. **Elementary surveying**. New York: Harper Collins College Publishers, 1994.

ZANETTI, M. A. Z. **Geodésia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em: http://files.labtopope.webnode.com/200000169-def28dfed3/APOSTILA_GEODESIA_UFPR_2007.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:

- entender o conceito dos Sistemas de Informações Geográfica (SIGs), além dos componentes, estruturas e arquitetura;
- visualizar a estrutura dos dados espaciais (vetoriais e matriciais);
- compreender as características básicas de um modelo digital de elevação;
- refletir a respeito do banco de dados geográficos e do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD);
- conhecer os tipos de softwares de SIGs de desktop e os web.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade, você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – O QUE É UM SIG?

TÓPICO 2 – DADOS ESPACIAIS EM UM SIG

TÓPICO 3 – SGBD E SOFTWARES DE SIG



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.

O QUE É UM SIG?

I INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) estão cada vez mais presentes e necessários nos projetos de variados temas, como estudos ambientais e infraestrutura, por exemplo. Como apontado por Câmara e Davis (2001, p. 1), “se o onde é importante para o seu negócio, então, geoprocessamento é a sua ferramenta de trabalho. Sempre que o onde aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG”.

Já compreendemos, na Unidade 1, que o SIG é a principal ferramenta do geoprocessamento. Entretanto, o que é um SIG? Existem algumas maneiras de conceituar. Pode-se dizer que um SIG é um conjunto de ferramentas essencial para resolução de problemas de ordem espacial. Por meio dele, é possível realizar o tratamento, processamento e análise das informações vinculadas a uma base de dados georreferenciada. Segundo Câmara e Queiroz (2001, p. 1), o SIG é conceituado da seguinte maneira:

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base nas suas características alfanuméricas, mas, também, através da sua localização espacial. Oferecem, ao administrador, (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita do ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis a respeito de determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que é fundamentalmente comum, ou seja, a localização geográfica. Para que isso seja possível, a geometria e os atributos dos dados em um SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica.

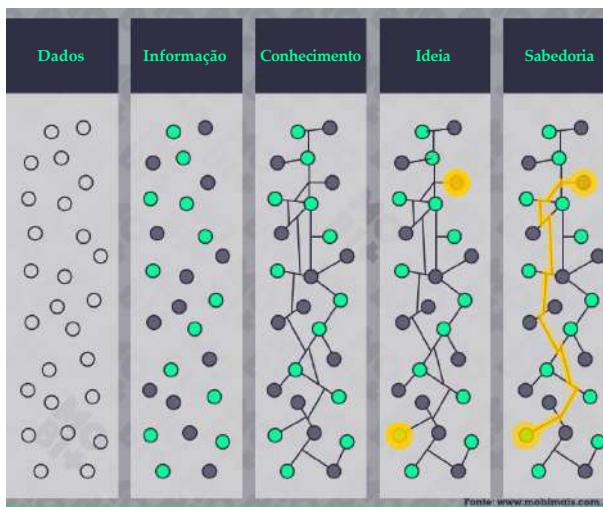
Câmara e Ortiz (1998) resumem as principais características de um SIG:

- Integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastros urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.
- Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base dos dados geocodificados.

Com o avanço das tecnologias computacionais, com hardwares cada vez mais potentes, softwares mais performáticos e com mais recursos, além do fato de estarmos em uma era em que dados são produzidos em larga escala, quando esses dados são associados a objetos georreferenciados, tem-se, no SIG, uma importante ferramenta para o auxílio da tomada de decisão, visto que muitas análises espaciais podem ser realizadas.

Em problemas de ordem espacial, há excesso de dados e, muitas vezes, não sabemos como agregar valor ao dado, a fim de gerar sabedoria para tomar decisões com alto nível de certeza. Os sistemas de informação geográfica possuem muitos recursos que podem auxiliar na tomada de decisão, visto que possuem infinitas possibilidades de espacialização e cruzamento de dados, gerando o caminho para a transformação do dado em informação, conhecimento, ideia, até atingir a sabedoria.

FIGURA 1 – DIFERENÇA ENTRE DADOS, INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO, IDEIA E SABEDORIA



FONTE: <<http://mobimais.com.br/blog/dados-informacao-conhecimento-ideia-e-sabedoria/>>. Acesso em: 6 out. 2020.

Dessa forma, entende-se que o SIG é o melhor caminho para a resolução de problemas geográficos. Por meio dele, é perfeitamente possível fazer esse processo de tradução de um dado em sabedoria, visto que os recursos são muitos desde a entrada até a saída. A seguir, apresentaremos uma visão esquemática da tecnologia SIG, que, segundo Huisman e De By (2009), é um sistema que fornece quatro conjuntos de recursos para a manipulação dos dados georreferenciados:

- Aquisição e preparação de dados.
- Gerenciamento de dados, incluindo armazenamento e manutenção.
- Manipulação e análise de dados.
- Apresentação dos dados.

FIGURA 2 – VISÃO ESQUEMÁTICA DA TECNOLOGIA SIG



FONTE: Nazareno (2005, p. 13)

A visão esquemática representada é muito interessante. De maneira bem resumida, é apresentada a importância dos componentes de um SIG para os processos de coleta, armazenamento, processamento e análise em um projeto de geoprocessamento, tudo isso com o intuito de gerar informações capazes de facilitar o monitoramento, o planejamento e a tomada de decisões.

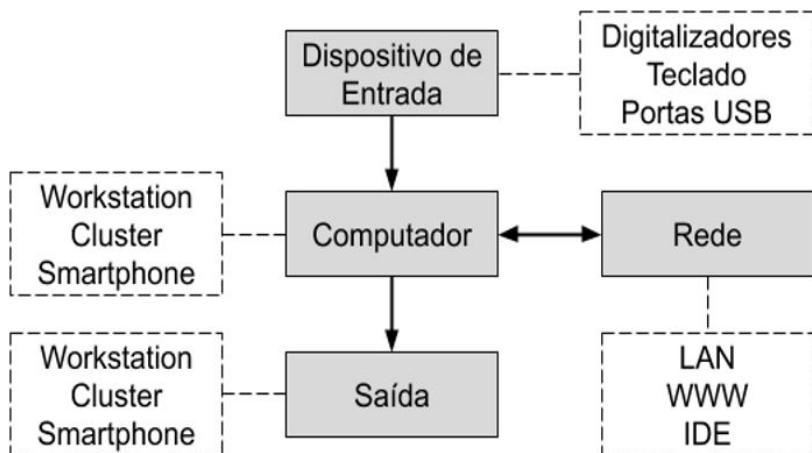
2 COMPONENTES DE UM SIG

Embora, muitas vezes, receba maior evidência, um SIG não pode ser resumido a um software. O conceito de SIG é muito mais amplo, sendo que, além do próprio software, são incluídos o hardware, *data* (dados), *peopleware* (pessoas) e *methods* (metodologia). A partir da integração desses conceitos, torna-se possível explorar, de maneira completa, os dados geográficos. Agora, trabalharemos com a apresentação dos tópicos, para a conceituação de cada um desses conceitos.

2.1 HARDWARE

O hardware se refere ao equipamento técnico necessário para executar um SIG, com eficiência, na entrada, processamento, armazenamento e saída dos dados. Como dispositivos de entrada de dados para um SIG, é possível citar o scanner, teclado e Portas USB. Para o processamento e o armazenamento dos dados, há os computadores (local ou em rede), que contam com processadores e memórias para executar os softwares do SIG, além do disco rígido (HD) e da unidade de estado sólido (SSD), que têm, como objetivo, armazenar o grande volume de dados geográficos. Por fim, como saída de dados, pode-se citar as impressoras e os *plotters*.

FIGURA 3 – COMPONENTES DE UM SIG - HARDWARE



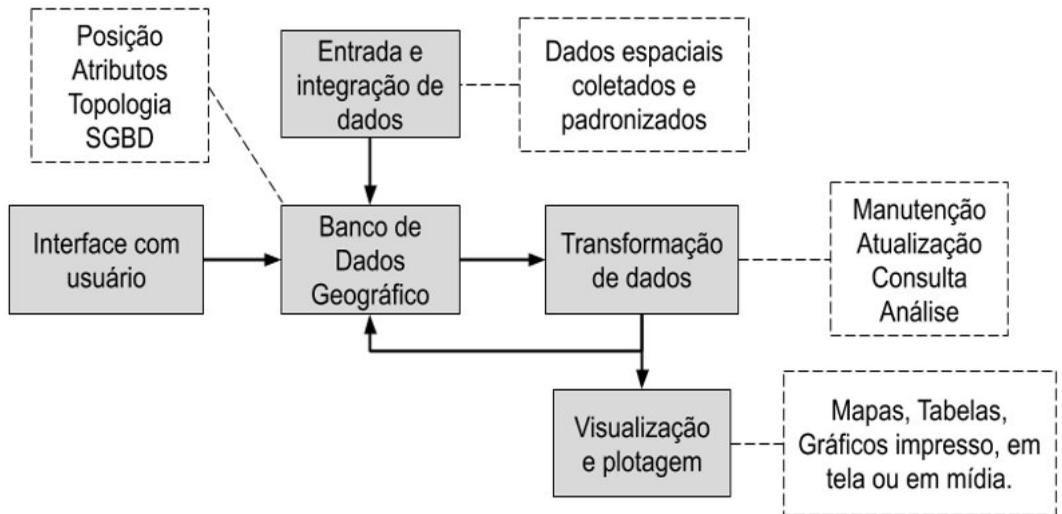
FONTE: Adaptada de Barbosa (2019)

2.2 SOFTWARE

O software é o componente mais conhecido de um SIG, pois, por meio das suas funcionalidades, é possível armazenar, além de analisar e visualizar informações geográficas em forma de mapas e relatórios. Em um software de SIG, segundo ESRI (1998), os principais componentes são:

- Ferramentas para entrada e manipulação de informações geográficas.
- Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (DBMS).
- Ferramentas que suportam consulta (*query*), análise e visualização geográfica.
- Interface Gráfica do Usuário (GUI) para fácil acesso às ferramentas.

FIGURA 4 – COMPONENTES DE UM SIG - SOFTWARE + DADO



FONTE: Adaptada de Barbosa (2019)

2.3 PESSOAS

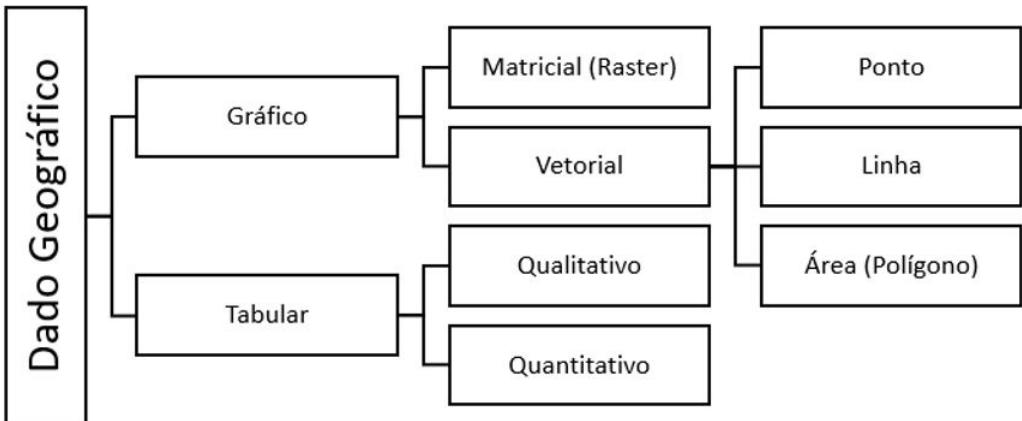
O componente Pessoas (*people*) de um SIG são os indivíduos técnicos que mantêm um SIG funcionando, sejam pertencentes do grupo de desenvolvimento (gerentes, administradores de banco de dados, analistas e programadores) ou usuários do sistema (profissionais das mais variadas áreas do conhecimento).

2.4 DADOS

Os dados (*data*) podem ser considerados os componentes mais importantes de um SIG, inclusive, muitas vezes, associados como sendo o combustível. Os dados, em um SIG, podem ser traduzidos como a mescla da informação gráfica (georreferenciada) com a tabular (alfanumérica), por isso, a utilização do termo-base de dados espacial, georreferenciada ou, ainda, geográfica.

Como anteriormente citado, os dados geográficos são conceitualmente divididos em gráficos e tabulares. Esses, ainda, podem ser subdivididos em vetoriais e matriciais para os dados gráficos; e qualitativos e quantitativos para os tabulares.

FIGURA 5 – COMPONENTES DE UM SIG - DADOS



FONTE: O autor

2.5 MÉTODOS

Por fim, o último componente do SIG são os métodos. Como evidenciado, para o correto funcionamento de um SIG, é necessária a harmonia entre os componentes. Dessa forma, além do investimento em hardware, software, dados e criação da equipe de trabalho, é necessário expertise, para melhor utilizar a tecnologia proporcionada pelo ambiente SIG.

Por meio dos métodos, são definidos os procedimentos para o gerenciamento dos dados, como coleta, armazenamento, processamento, análise e, por fim, visualização (publicação) do dado. O exposto a seguir representará o SIG e os seus componentes. Observe com atenção.

FIGURA 6 – COMPONENTES DE UM SIG



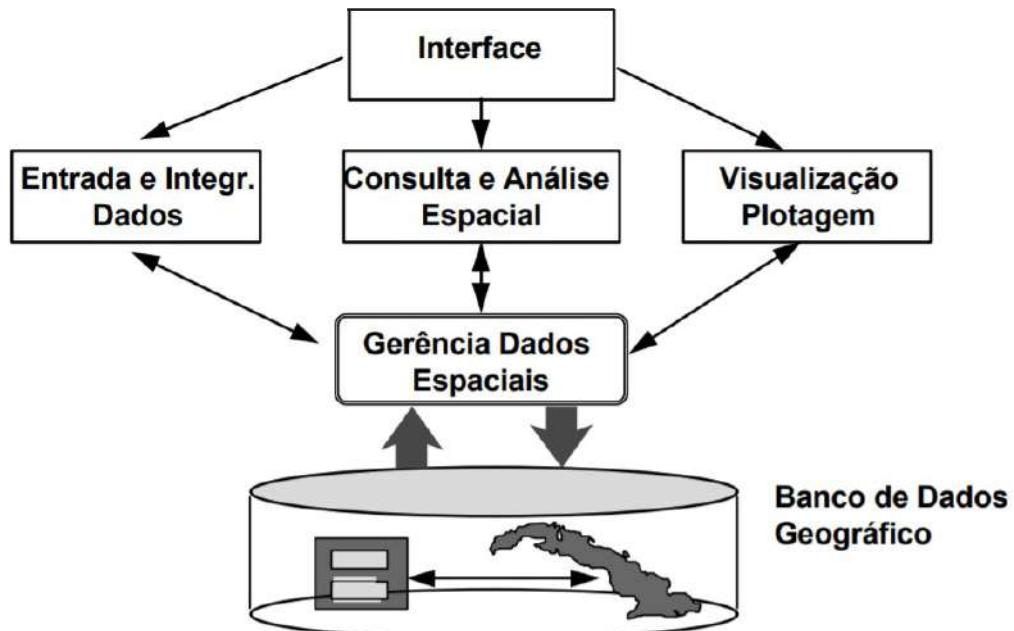
FONTE: O autor

3 ESTRUTURA GERAL DE UM SIG

Até o momento, já abordamos o conceito de SIG, além dos seus componentes (hardware, software, pessoas, dados e métodos). Entretanto, ainda é importante a apresentação da estrutura interna de um SIG, conforme Câmara e Ortiz (1998):

- Interface com o usuário.
- Entrada e integração de dados.
- Visualização e plotagem.
- Consulta e análise espacial.
- Gerência de dados espaciais.
- Banco de dados geográficos.

FIGURA 7 – ESTRUTURA INTERNA DE UM SIG



FONTE: Câmara e Ortiz (1998, p. 3)

3.1 INTERFACE COM O USUÁRIO

Os primeiros softwares de SIG tinham, na linguagem de comandos, a interação com o usuário. Apesar de poderosa e da flexibilidade, ela não era tão amigável, visto que o usuário precisava aprender a linguagem para operar o sistema. Dessa forma, com a evolução da informática e a intenção de popularizar o uso, os sistemas passaram a ser desenvolvidos com Interface Gráfica do Usuário (GUI) ou, do inglês, *Graphical User Interface*, oferecendo uma melhor experiência ao usuário e, em muitos casos, como opção para o uso da linguagem dos comandos.

3.2 ENTRADA E INTEGRAÇÃO DE DADOS

A partir da interação do usuário com o sistema, é realizado o processo da inserção dos dados, seja gráfico ou tabular. A entrada dos dados no sistema pode ser realizada por scanner, arquivos digitais provenientes da rede, mídias ou Portas USB, ou, ainda, pela construção dos dados no próprio sistema, por meio dos periféricos de entrada, como teclados e mouses.

3.3 VISUALIZAÇÃO E PLOTAGEM

Com o advento das tecnologias de hardware e software, o SIG possui, cada vez mais, recursos para visualização dos dados geográficos, assim, cada vez é menos recorrente a necessidade da impressão (plotagem) dos produtos cartográficos. Um exemplo é a estereoscopia digital, devido aos monitores possuírem grande resolução de tela. Ainda, por vezes, serem capazes de reproduzir elementos em três dimensões, e contando com o auxílio de óculos polarizados, que permitem que a atividade da restituição de imagens possa ser feita no ambiente digital.

Outro fator que propicia a facilidade de visualização dos dados em ambiente SIG é a facilidade de desenvolvimento de mapas dinâmicos, com função de atlas em softwares desktop, assim como mapas na web, que, devido à internet cada vez mais rápida, proporcionam uma experiência muito interativa ao usuário.

Por fim, para muitos projetos, existe a exigência ou necessidade de impressão dos produtos cartográficos para composição de estudos. As impressoras e os *plotters* conseguem manter a fidelidade do produto cartográfico por meio de impressões com resoluções gráficas compatíveis com as do documento.



Você sabia que é possível criar imagens e óculos em 3D? E com estes óculos, visualizar imagens de Marte disponibilizadas pela NASA? Para saber mais, acesse: <https://mars.nasa.gov/3d/create-images/>.

3.4 GERÊNCIA E BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

O banco de dados geográficos é um importante recurso do SIG, visto que é capaz de armazenar os dados geográficos, sejam vetoriais ou matriciais, assim como os dados tabulares. Devido ao aumento do volume de dados e à necessidade de uma estrutura mais segura e performática, é comum a substituição do uso de arquivos internos, como os shapefiles, por sistemas de gerenciamento de banco de dados.

Um SGBD apresenta os dados numa visão independente dos sistemas aplicativos, além de garantir três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado). O uso do SGBD permite, ainda, realizar, com facilidade, a interligação do banco de dados já existente com o sistema de geoprocessamento (CÂMARA; ORTIZ, 1998, p. 6).

Dessa forma, é possível compreender que, para projetos de geoprocessamento, é utilizado um grande volume de dados. A escolha de um SGBD, ao invés de um shapefile, por exemplo, embora não obrigatória, gera eficiência, integridade e persistência aos dados do projeto.

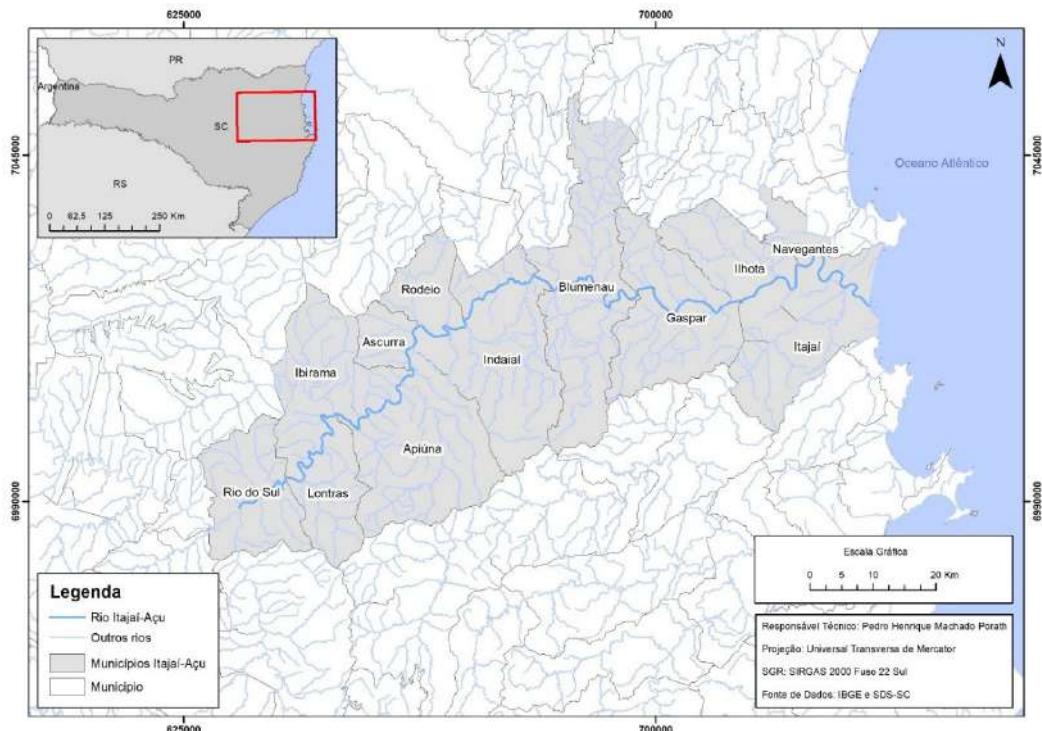
3.5 CONSULTA E ANÁLISE ESPACIAIS

A consulta e a análise espacial também são geradas a partir da interação com o usuário. Por meio das expressões SQL, é possível fazer consultas (*query*) ao banco de dados, sendo espaciais ou não. Esses processos se configuram como importantes ferramentas para o auxílio à resolução de problemas do projeto.

Segue um exemplo hipotético, no qual há camadas geográficas de limites de municípios, hidrografia e a intenção de identificar quais são os municípios que fazem intersecção (são cruzados) com o Rio Itajaí-Açu. Para isso, é necessária a utilização da consulta e da análise espacial.

Primeiramente, é necessário fazer uma consulta dos atributos da camada da hidrografia, com o intuito de identificar se os rios recebem o nome de Itajaí-Açu. A partir dos trechos selecionados, deve ser feita uma análise espacial, selecionando os municípios que fazem intersecção com o rio. Logo, como resposta dessa análise espacial, pode-se identificar que os municípios que são cortados pelo rio Itajaí-Açu são: Rio do Sul, Lontras, Ibirama, Apiúna, Ascurra, Rodeio, Indaial, Blumenau, Gaspar, Ilhota, Navegantes e Itajaí.

FIGURA 8 – MUNICÍPIOS CORTADOS PELO RIO ITAJAÍ-AÇU



FONTE: O autor

Além do exemplo citado, ainda, são casos de análise espacial, segundo Câmara e Ortiz (1998), os tópicos apresentados a seguir.

QUADRO 1 – EXEMPLOS DE ANÁLISE ESPACIAL

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	“O que está...?”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos?”
Roteamento	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?”
Modelos	“O que acontece?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a?”

FONTE: Adaptado de Câmara e Ortiz (1998)

Já as múltiplas funções do processamento de dados geográficos, sejam vetoriais ou matriciais, são de extrema importância para o processo de aprimoramento e evolução de um dado, assim, é possível resolver os problemas de ordem espacial. Dentre as funções, podem ser citadas as álgebras de mapas, processamento digital de imagem, cálculo dos modelos do terreno etc.

4 ARQUITETURA INTERNA DE UM SIG

Atualmente, no mercado de SIGs, existem muitas empresas focadas no desenvolvimento de softwares, algumas delas já tendo lançado versões com evoluções de desenvolvimento e implementações das novas funcionalidades. Dessa forma, os sistemas já desenvolvidos possuem diferentes arquiteturas que refletem pontos positivos ou negativos ao usuário, como capacidade de gerenciamento do grande volume de dados, interação e compatibilidade com outros sistemas, experiência de múltiplos usuários e o desempenho do processamento de dados.

Serão descritas as diferentes arquiteturas de um SIG sob o olhar de Câmara e Davis (2001, p. 3-4), “com algumas alterações, ou maior detalhamento, praticamente qualquer software comercial hoje existente cairá em uma das seguintes alternativas”:

- SIG tradicional.
- Arquitetura dual.
- SIG baseado em CAD.
- SIG relacional.
- SIG orientado a objetos.
- Desktop mapping.
- SIG baseado em imagens.
- SIG integrado (imagens-vetores).

Vamos conhecer cada uma delas?! Acompanhe!

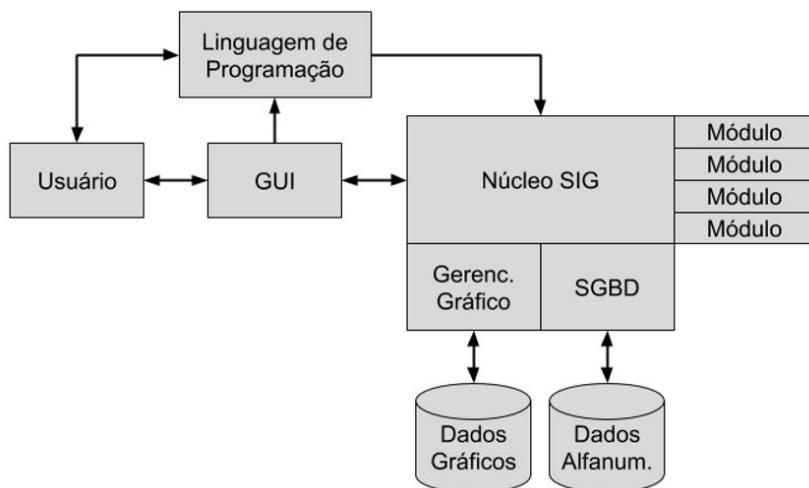
4.1 SIG TRADICIONAL

A arquitetura interna dos primeiros softwares SIGs ficou conhecida como SIG tradicional.

Nessa arquitetura, os sistemas já possuíam uma Interface Gráfica do Usuário (GUI), porém, também poderiam ser operados via linguagem de comando (programação). Com relação ao avanço tecnológico da arquitetura, destaca-se o fato de, em um mesmo ambiente, o usuário poder visualizar os dados geográficos e os dados tabulares (alfanuméricos).

Como será apresentado, em um SIG tradicional, o usuário realiza uma instrução via GUI ou linguagem de programação que, por consequência, é executada pelo núcleo do sistema, que é responsável pelo processamento das funções geográficas e pelo gerenciamento dos dados.

FIGURA 9 – SIG TRADICIONAL



FONTE: Adaptado de Câmara e Davis (2001)

Cabe destacar que, nessa arquitetura, os núcleos podem ser implementados de forma monolítica ou em módulos. Quando feitos em módulos, permitem que a comercialização possa ser realizada de forma separada, o que pode ser conveniente, para o usuário, ao adquirir uma licença comercial do software, como optar por não adquirir um módulo de análises em 3D. Entretanto, o principal aspecto da arquitetura, segundo Câmara e Davis (2001), está na forma de gerenciamento dos dados gráficos e alfanuméricos:

A opção implementada pelos desenvolvedores inclui a codificação dos dados gráficos em estruturas proprietárias, ou seja, estruturas de dados concebidas e implementadas dentro do ambiente do desenvolvedor e tratadas como segredo comercial. Assim, os dados gráficos são codificados em arquivos binários, cujas leitura e correta interpretação só podem ser feitas por quem conheça a estrutura de codificação, e esse conhecimento está restrito aos técnicos do próprio desenvolvedor (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 6).

Embora a codificação dos dados alfanuméricos (tabulares) siga a mesma lógica dos gráficos, não existe a preocupação do sigilo da forma de armazenamento. Câmara e Davis (2001, p. 7) também informam que:

o tratamento dos dados alfanuméricos pode ser feito em um ambiente proprietário do gerenciamento de bancos de dados, sendo, esse ambiente, totalmente integrado ao produto, e não tendo vida própria fora. Esse SGBD é, em geral, muito simples, não preenchendo os requisitos básicos dos SGBD relacionais que são padrão.

Como exemplo desse tipo de arquitetura, pode ser citado o ARC/INFO, conhecido como o primeiro SIG da era moderna, tendo sua primeira versão lançada no início da década de 1980.

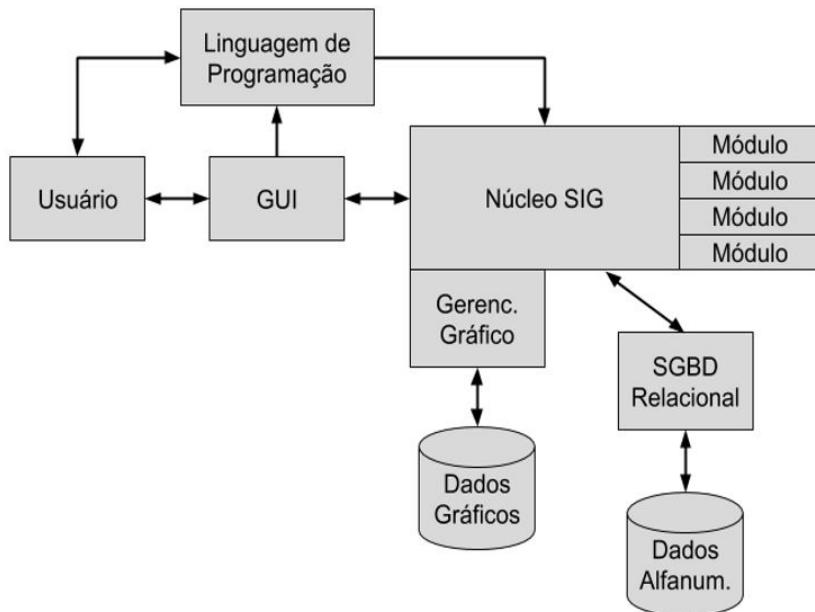
4.2 ARQUITETURA DUAL

A arquitetura dual, embora muito semelhante, é uma evolução da arquitetura de SIG tradicional. A principal alteração é em relação à forma de gerenciamento dos dados alfanuméricos, que, nessa arquitetura, é realizada por meio de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Geográfico (SGBD) relacional completo.

Dessa forma, entende-se o SIG e o SGBD como dois produtos diferentes, sendo, a comunicação, gerenciada pelo núcleo do sistema. As operações básicas de um banco de dados, como criação, leitura, atualização e exclusão, podem ser realizadas. O ponto positivo dessa arquitetura é o fato de o sistema passar a utilizar SGBD já desenvolvidos no mercado, entretanto, como ponto negativo, podemos citar a fragilidade da integridade dos dados, uma vez que os dados gráficos e alfanuméricos são separados.

Segundo Câmara e Davis (2001), o fato de um SGBD relacional não conhecer a estrutura gráfica proprietária pode ser um risco de se introduzir inconsistência no banco de dados geográfico. A seguir, será possível verificar a arquitetura dual de um SIG.

FIGURA 10 – ARQUITETURA DUAL



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

4.3 SIG BASEADO EM CAD

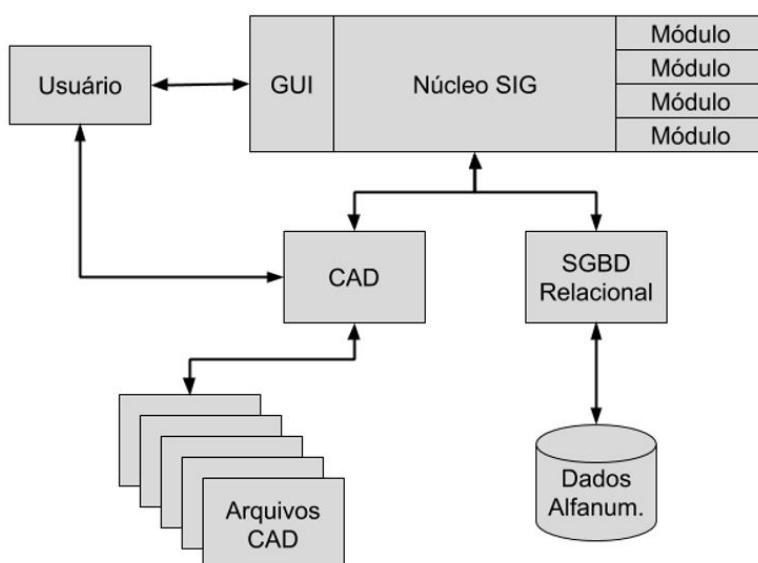
Assim como na arquitetura dual, em um SIG baseado em CAD, o gerenciamento de dados alfanuméricos também é realizado em um SGBD relacional externo, que segue um padrão de mercado, externo ao SIG. Devido à semelhança entre as arquiteturas, no SIG baseado em CAD, também existem a fragilidade e dificuldade de manter os dados íntegros, tendo, essa arquitetura, um agravante, visto que, além dos dados alfanuméricos, os dados gráficos também podem ser acessados de forma independente de um SIG, sendo, o primeiro, por meio de um SGBD, e, o segundo, um sistema CAD.

Como ponto negativo, podemos citar o fato de o armazenamento dos dados em arquivos CAD não ser indexado espacialmente, mas sequencialmente. Dessa forma, o uso, devido à falta de performance e custo operacional, acaba se limitando à base de dados dos pequenos volumes.

Sob um outro viés, o fato do gerenciamento dos dados gráficos ser, muitas vezes, realizado por pacotes de CAD e externos ao SIG, pode também ser positivo, principalmente, no caso de usuários mais acostumados ao ambiente CAD. Cabe, por fim, informar que, nessa arquitetura, o núcleo do sistema SIG, dentre várias atribuições, é responsável pela integração entre os dados gráficos em CAD e os alfanuméricos gerenciados pelo SGBD.

Como exemplos de sistemas que utilizam a arquitetura SIG baseados em CAD, podem ser citados o *MicroStation Modular GIS Environment* (MGE), o AutoCAD Map e o dBMapa, da MaxiData. A seguir, será possível visualizar o fluxo da arquitetura de SIG baseado em CAD.

FIGURA 11 – SIG BASEADO EM CAD



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

4.4 SIG RELACIONAL

Na arquitetura SIG relacional, foi apresentada uma característica que, até então, era novidade para as arquiteturas: a implementação do acesso simultâneo dos usuários. Entretanto, como pode ser percebido, as arquiteturas apresentadas até o momento possuíam muitos problemas, principalmente, havia a dificuldade de garantir a integridade dos dados. Com o propósito de ajustar essas deficiências, foi desenvolvida a arquitetura SIG relacional.

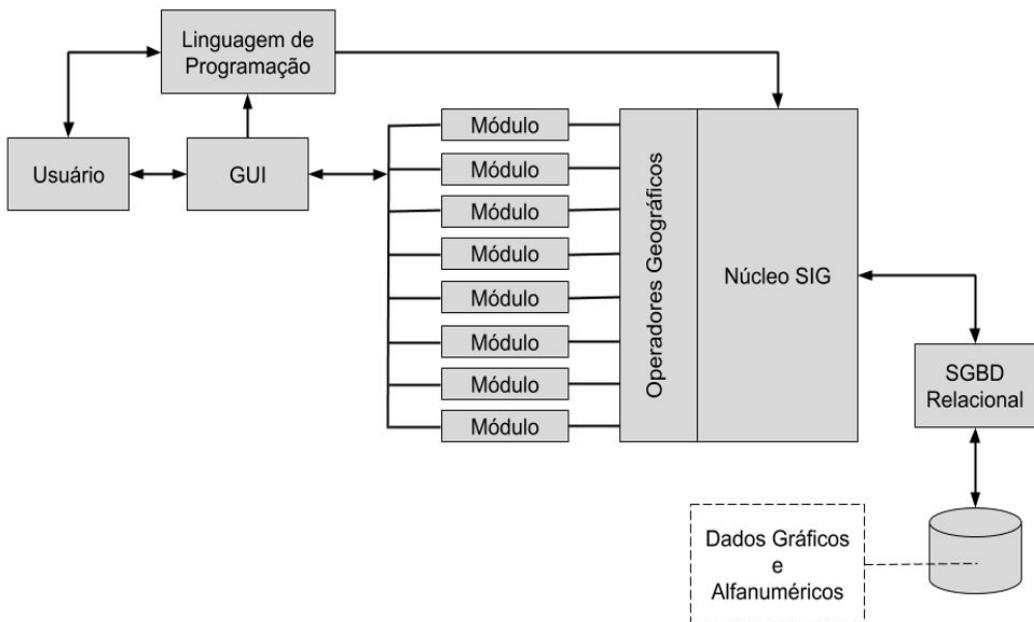
Nessa arquitetura, assim como os dados alfanuméricos, os dados gráficos são organizados em tabelas e são gerenciados pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR). Com relação ao problema da integridade de dados que existia em outras arquiteturas, no SIG Relacional, foi corrigido, visto que o SGBDR utiliza um sistema de chaves para fazer o relacionamento entre as tabelas.

Algumas implementações no núcleo do SIG foram necessárias, a fim de serem feitas consultas e operações de uso frequentes no SGBD original, sendo duas delas aqui destacadas: a criação da indexação espacial, que visa à otimização do acesso aos dados geográficos; e a implementação dos operadores geográficos, como “contém”, “contido em” ou “vizinho a” à linguagem de consulta estruturada do inglês Structured Quary Language (SQL).

Esta tarefa está se tornando mais fácil, na medida em que alguns desenvolvedores de SGBDR, como a Oracle e a Informix, estão incorporando facilidades geográficas a seus produtos. Existem, ainda, sistemas relacionais mais avançados, como o Postgres, que permite a implementação de novas estruturas de indexação e novos métodos de acesso, o que favoreceria a implementação de SIG relacionais (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 11).

Logo, entende-se o interesse das empresas desenvolvedoras de SGBDR pelas aplicações de SIG. Através das regras relacionais, é possível fazer o gerenciamento das informações gráficas e alfanuméricas de forma diferente da antiga estrutura dual. A seguir, representaremos a arquitetura de um SIG relacional.

FIGURA 12 – SIG RELACIONAL



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

4.5 SIG ORIENTADO A OBJETOS

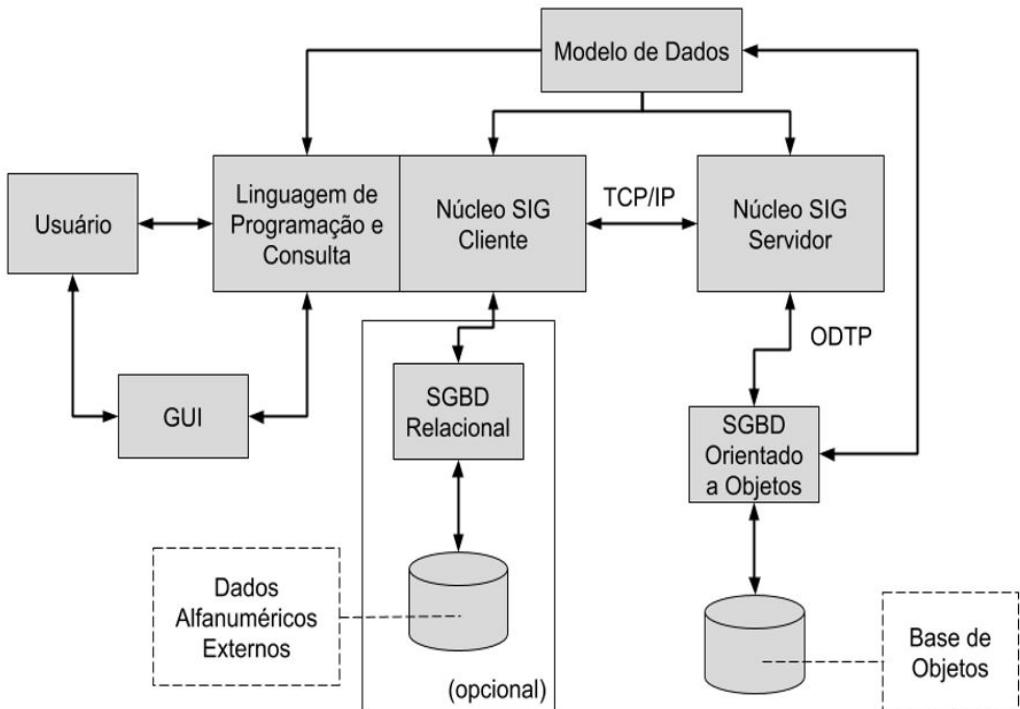
A arquitetura SIG orientado a objetos é muito semelhante ao SIG relacional, entretanto, nessa arquitetura, o armazenamento de dados geográficos é feito por objetos, ou seja, a partir de um SGBD orientado. Por meio desse gerenciador, é possível identificar as características alfanuméricas e gráficas de cada classe do objeto, assim como o comportamento.

Segundo Câmara e Davis (2001, p. 14), as principais características de um SIG orientado a objetos são:

Presença marcante do módulo de modelagem de dados, que dará personalidade às aplicações; possibilidade de conexão com gerenciador de bancos de dados relacional externo, mas a ênfase é no gerenciador de objetos, que é, geralmente, proprietário; e tendência a um maior apoio em padrões, sistemas abertos e filosofia cliente-servidor.

Outra característica dessa arquitetura é que o SIG é construído na concepção do cliente servidor, ou seja, o núcleo servidor é responsável pelo gerenciamento dos dados dispostos em um computador. Também se destaca o fato de que, em um SIG orientado a objetos, a linguagem de programação é bem completa, repleta de recursos exigidos para fazer uso dos benefícios de um modelo orientado a objetos, sendo, ainda possível, a construção de uma interface gráfica. A partir do exposto a seguir, será possível observar a arquitetura de um SIG orientado a objetos.

FIGURA 13 – SIG ORIENTADO A OBJETOS



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

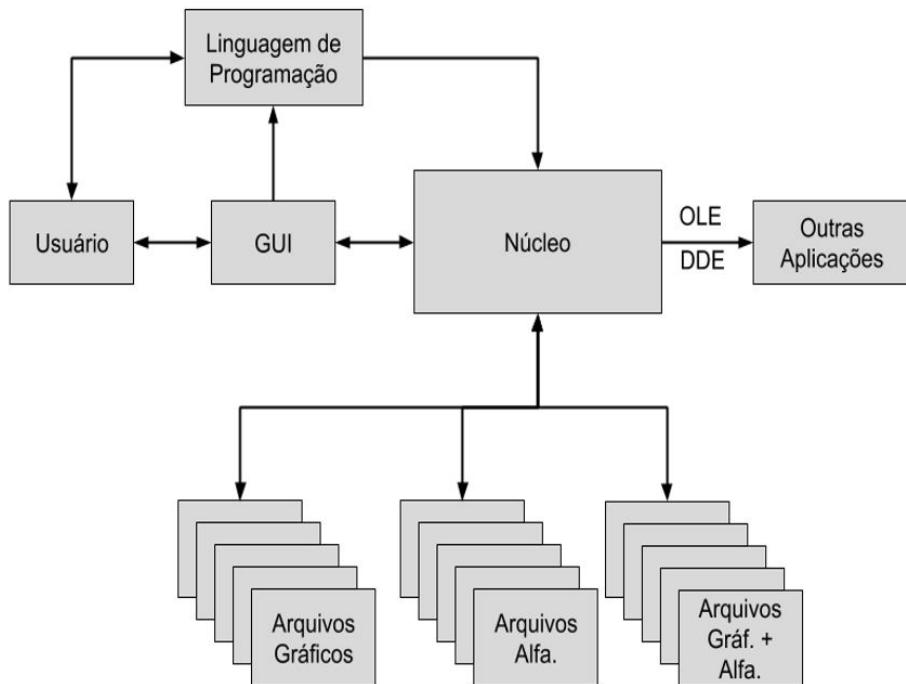
4.6 DESKTOP MAPPING

A arquitetura desktop mapping, comparada às últimas arquiteturas apresentadas, é relativamente simples, visto que não é adequada para atividades mais complexas de um SIG, como o gerenciamento de um grande volume de dados.

Dessa forma, nesse sistema, os dados gráficos e alfanuméricos são acessados diretamente de outros softwares, como AutoCAD, Excel, Dbase etc. A comunicação do desktop mapping com outras aplicações, normalmente, é realizada por meio de alguns dos recursos mais comuns do Windows, como o *Object Linking and Embedding* (OLE), o *Dynamic Data Exchange* (DDE) e o *Open Database Connectivity* (ODBC).

Os sistemas de desktop mapping não querem possuir grandes recursos da cartografia automatizada, uma vez que o público-alvo são técnicos que visam, de maneira facilitada, apresentar os dados em forma de mapas. Como exemplos dessa arquitetura, podem ser citados o MapInfo e o Maptitude. Acompanhe o exposto a seguir, no qual poderemos observar a arquitetura do tipo desktop mapping.

FIGURA 14 – DESKTOP MAPPING



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

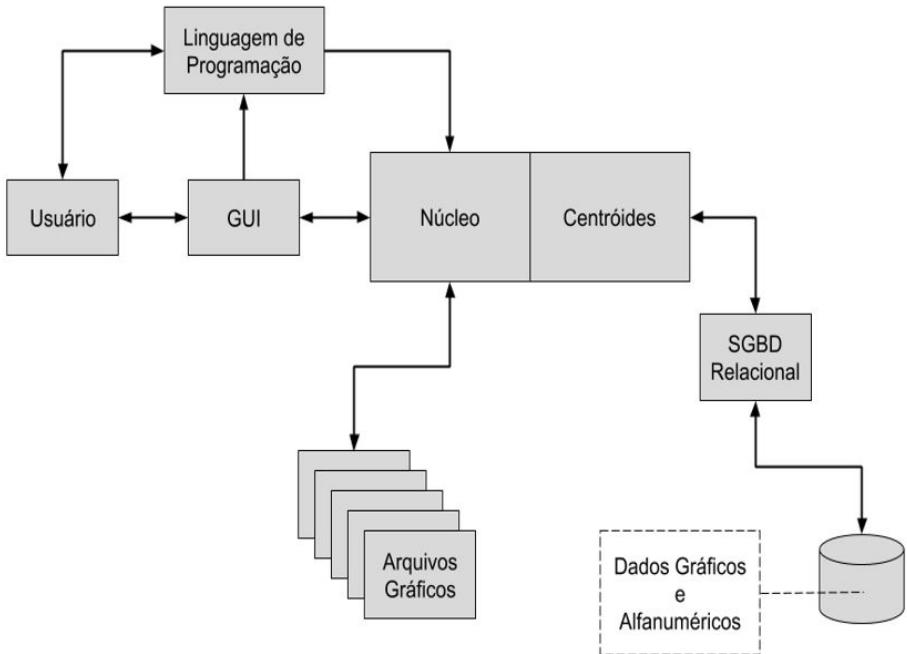
4.7 SIG BASEADO EM IMAGENS

Essa arquitetura possui uma característica própria dos pontos de vista do armazenamento e do gerenciamento de dados, uma vez que não existe um SGBD, dessa forma, os arquivos de imagens são codificados a fim de exercerem a função de um banco de dados. Entretanto, como afirmam Câmara e Davis (2001, p. 17):

[...] Muitas vezes, é necessário associar um conjunto de informações alfanuméricas a uma imagem ou a partes dela. O recurso que é, geralmente, empregado por esse tipo de SIG é a criação de objetos vetoriais, que podem ou não ser apresentados em sobreposição à imagem. Esses objetos podem ser dos tipos usuais, ou seja, pontos, linhas ou áreas, mas, no caso de áreas e linhas, existe um “centroide”, que é um único ponto contido na linha ou área, e que é escolhido para ser o “ponto de referência” dos dados alfanuméricos correspondentes. Assim, cada elemento geográfico com possibilidade de associação a dados alfanuméricos é associado ao centroide, que, por sua vez, está representado no banco de dados alfanumérico, em geral, relacional.

Os sistemas com a arquitetura baseada em imagens podem ou não possuir linguagem de programação, visto que o foco desses sistemas está nos recursos de processamento digital de imagens. Como exemplos, podem ser citados os softwares SPANS (*Spatial Analysis System*), das empresas INTERA TYDAC, IDRISI e ERDAS.

FIGURA 15 – SIG BASEADO EM IMAGENS



FONTE: Câmara e Davis (2001, p. 17)

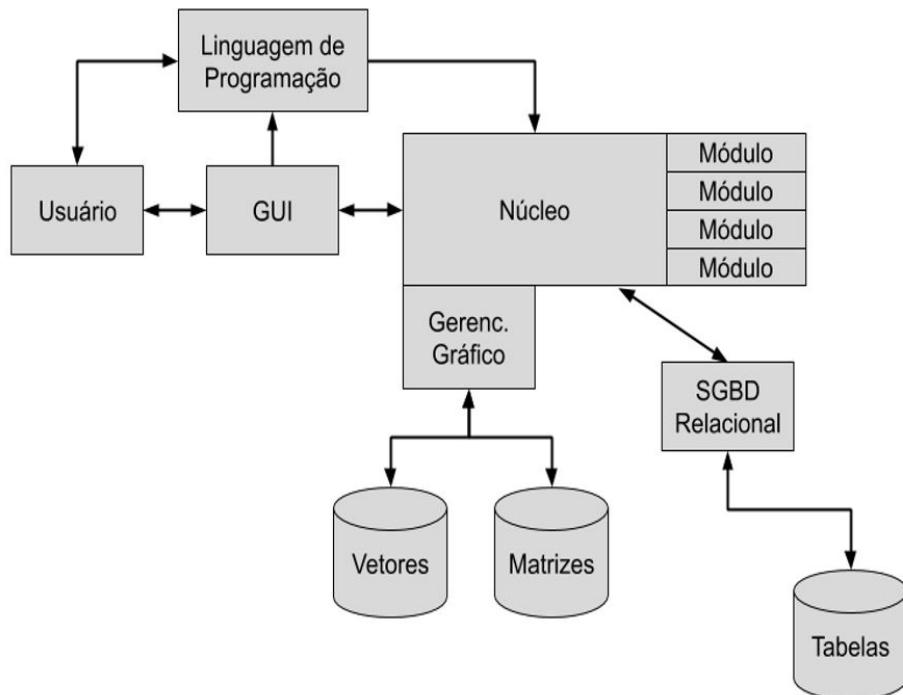
4.8 SIG INTEGRADO (IMAGENS-VETORES)

Os sistemas que possuem a arquitetura SIG integrado, em muitos casos, representam uma extensão do modelo da arquitetura dual, com o intuito de inclusão do gerenciamento de dados gráficos no formato raster. Como exemplos de sistemas que utilizam essa arquitetura, podem ser citados o SPRING, o ArcGIS e o QGIS. Ainda, suas principais características, segundo Câmara e Davis (2001, p. 18), são:

Gerenciamento separado de dados gráficos e tabelas; armazenamento de gráficos em estruturas proprietárias; armazenamento de dados alfanuméricos em banco de dados relacional; e capacidade de processar dados vetoriais, grades e imagens.

Observe, a seguir, a arquitetura do tipo SIG integrado:

FIGURA 16 – SIG INTEGRADO



FONTE: Adaptada de Câmara e Davis (2001)

Dessa forma, como explanado ao longo do Tópico 1, pode-se compreender a importância do conhecimento conceitual dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), o entendimento dos diferentes componentes de um SIG e a compreensão da estrutura geral e da arquitetura dos sistemas.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- Um dado, por meio de um SIG, pode evoluir até chegar ao estágio da sabedoria, e, assim, resolver problemas de ordem espacial.
- Um SIG é composto por cinco componentes: hardware, software, pessoas, dados e métodos.
- O SIG, resumidamente, fornece quatro grandes recursos: aquisição e preparação de dados, gerenciamento e armazenamento de dados, manipulação e análise de dados e, por fim, apresentação de dados.
- Os diferentes sistemas SIG podem possuir diferentes tipos de arquiteturas: SIG tradicional, arquitetura dual, SIG baseado em CAD, SIG relacional, SIG orientado a objetos, desktop mapping, SIG baseado em imagens e SIG integrado (imagens-vetores).

AUTOATIVIDADE



1 Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são a principal ferramenta do geoprocessamento, e, com o seu auxílio, é possível resolver problemas de ordem espacial de maneira mais fácil. Leia, com atenção, as afirmativas a respeito dos sistemas de informação geográfica:

- I- São compostos por cinco componentes: hardware, software, pessoas, dados e métodos.
- II- Desintegrar, em várias bases de dados, as informações espaciais provenientes dos dados cartográficos, dados do censo e cadastros urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno.
- III- A qualidade de um dado, em um projeto no qual um sistema de SIG é utilizado, não interfere no resultado, uma vez que esses sistemas evoluíram muito do ponto de vista tecnológico.
- IV- Um SIG possui uma gama de ferramentas capaz de auxiliar no processo de resolução de problemas de ordem espacial.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas I e IV estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas I, II e III estão corretas.
- e) () Apenas as alternativas I, III e IV estão corretas.

2 No mercado SIG, atualmente, existem muitas opções de softwares, além disso, com o avanço tecnológico, ocorrem muitas alterações no desenvolvimento de uma arquitetura. Acerca das arquiteturas, é CORRETO afirmar:

- a) () O SIG tradicional trouxe a novidade de poder visualizar os dados geográficos e os dados alfanuméricos, fato que faz ser a arquitetura mais utilizada ainda hoje.
- b) () Na arquitetura SIG relacional, os dados gráficos e alfanuméricos são organizados em tabelas e gerenciados pelo SGBDR.
- c) () A arquitetura dual é a que possui mais capacidade de manter um dado íntegro.
- d) () Um fator limitante do SIG orientado a objetos é a não possibilidade de realizar conexão com o gerenciador do banco de dados relacional externo.
- e) () Os desktops mapping possuem os melhores recursos para gerar a cartografia automatizada.

3 Com o advento da tecnologia, os softwares SIG evoluíram muito nas últimas décadas, fato que pode ser comprovado através da evolução das arquiteturas dos sistemas SIG. Dessa forma, liste as arquiteturas desenvolvidas para softwares SIG aprendidas nesta unidade.

DADOS ESPACIAIS EM UM SIG

1 INTRODUÇÃO

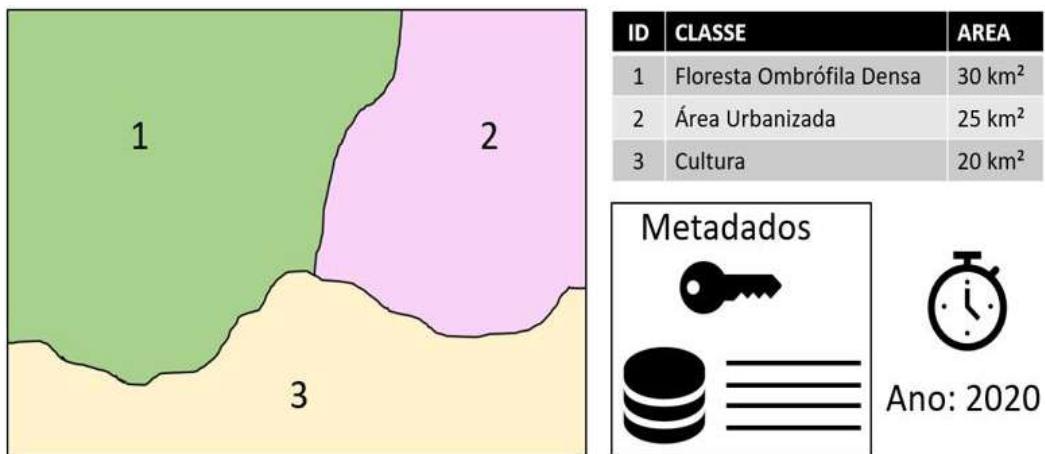
Como apresentado no tópico anterior, o SIG é composto por cinco componentes: hardware, software, dados, pessoas e métodos. Quando há a ausência de um dos componentes, o funcionamento do SIG fica comprometido, por isso, os cinco componentes, quando estão em sintonia mútua, fazem, de um SIG, uma importante ferramenta para o auxílio da tomada de decisão de problemas espaciais. Neste tópico, serão abordados, mais detalhadamente, os componentes “dados” e “software”.

Um dado espacial pode ser entendido como uma tentativa de descrição de uma área do mundo real sob a perspectiva de determinada temática, podendo ser desenhado em um simples croqui ou em sistemas computacionais avançados, como nos softwares SIG. Segundo Ferreira (2010), construir uma representação do mundo real gera três grandes considerações:

- Redução da complexidade geométrica do mundo real por meio da aplicação da escala, amostragem e seleção dos elementos.
- Redução da complexidade temporal do mundo real por meio de um corte temporal ou da observação de fenômenos em intervalos discretos de tempos.
- Identificação e categorização dos elementos existentes na superfície terrestre por meio de cortes temáticos.

Quando os dados espaciais são desenvolvidos em softwares SIGs, apresentam algumas características especiais, como o fato de estarem ou não referenciados em um sistema geodésico de referência. Quando estão georreferenciados, passam a ser denominados de dados geográficos. A segunda característica é em relação ao tipo de estrutura (vetorial ou matricial). A terceira característica é em relação à parte não espacial, visto que os dados possuem informações alfanuméricas associadas aos objetos do dado espacial/geográfico. Como quarta característica, pode-se destacar a temporalidade do dado e, por fim, o metadado, que é a descrição do dado, como ano de criação, fonte, escala etc.

FIGURA 17 – CARACTERÍSTICAS DOS DADOS GEOGRÁFICOS



FONTE: O autor

Um dado geográfico, independentemente de ter sido desenvolvido em um software SIG, pode ser apresentado na forma digital ou analógica (após impressão de um produto cartográfico temático). De forma geral, a utilização dos dados digitais é muito mais conveniente, e, por isso, têm sido cada vez mais utilizados dessa forma. A seguir, serão apresentadas comparações entre o uso de dados digitais e analógicos quanto aos seguintes aspectos: atualização, transferência/compartilhamento, armazenamento, segurança/manutenção e possibilidade de realizar diferentes análises.

QUADRO 2 – DADOS DIGITAIS X ANALÓGICOS

	Digital	Analógico
Atualização	Facilitada e pontual.	O mapa precisa ser refeito.
Transferência/ Compartilhamento	Rápida e realizada através da internet.	Lenta, pois é enviada por serviço postal ou precisa ser digitalizada para ser enviada pela internet.
Armazenamento	Digital.	Dependendo do volume de mapas, necessita de muito espaço físico.
Segurança e manutenção	Se armazenado em repositórios, o dado fica em ambiente extremamente seguro.	Exposição a acidentes requer cuidados especiais para a correta manutenção com o passar do tempo.
Análises	Muitas ferramentas disponíveis para gerar análises complexas e acuradas.	Possibilidades de análises limitadas, não precisas e lentas.

FONTE: O autor

Com posse de tais informações, percebe-se que, cada vez menos, produtos cartográficos devem ser utilizados de maneira analógica, uma vez existem muitas vantagens ao utilizar dados digitais em face dos analógicos.

2 ESTRUTURA DE DADOS EM UM SIG

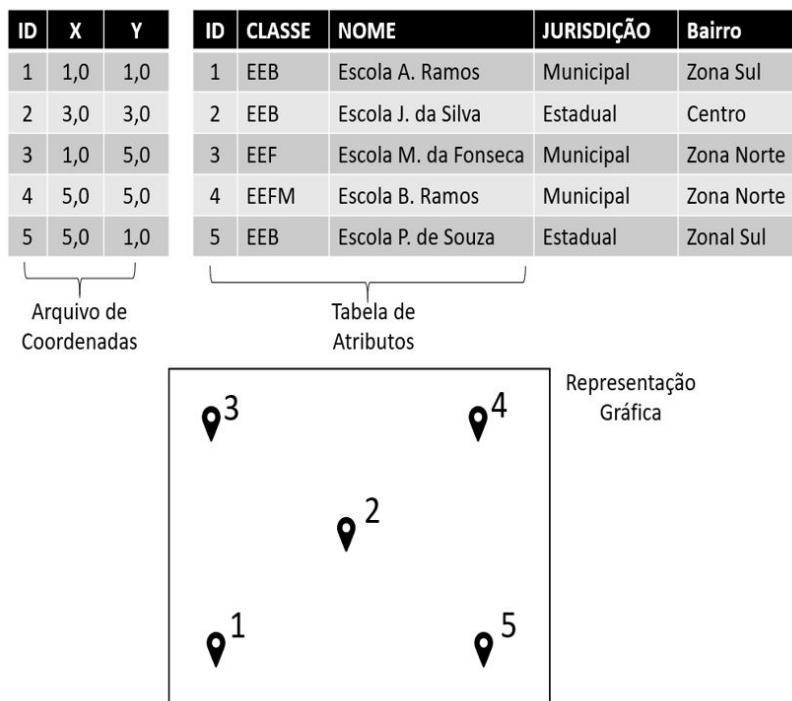
Os dados, em um sistema de informações geográficas, são estruturados em alfanuméricos e gráficos. Quando gráficos, são subdivididos em vetoriais e matriciais (estrutura raster), tendo, cada um deles, especificidades, que serão apresentadas a seguir.

2.1 VETORIAL

Na estrutura vetorial, a representação de um objeto do mundo real é realizada por um ou mais pares de coordenadas, por meio da utilização das entidades geométricas ponto, linha e polígono. Aos dados vetoriais estão vinculados os dados alfanuméricos, que são visualizados na tabela de atributos, assim como o arquivo das coordenadas.

As feições pontuais possuem apenas um par de coordenadas, visto que ele é um elemento adimensional, entretanto, a sua utilização em produtos cartográficos é muito importante, principalmente, quando o objeto que deve ser representado possui dimensões menores do que a especificada pela precisão gráfica. Podem ser citados, como exemplos de objetos comumente representados por meio da entidade geométrica dos pontos: terminais de passageiros e cargas de um sistema viário, indicação de um desastre natural, nascentes de rios etc.

FIGURA 18 – ESQUEMA CONCEITUAL DA ENTIDADE DE PONTOS



FONTE: O autor

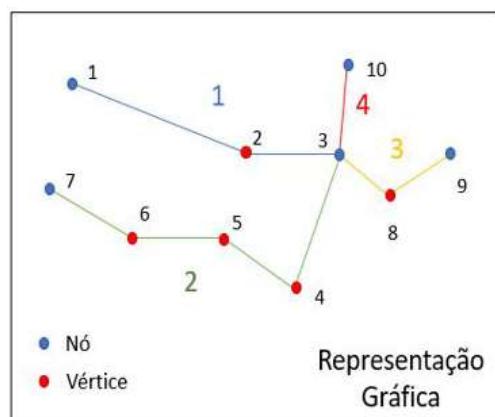
As feições lineares são utilizadas quando a representação de um objeto do mundo real possui comprimento maior do que o especificado pela precisão gráfica do mapa, porém, largura menor. Em linhas de transmissão, rodovias, ferrovias e hidrografia, um produto cartográfico de escala grande poderia ser representado pela entidade geométrica do polígono, entretanto, para escalas menores, a melhor representação seria através das feições lineares.

A entidade geométrica da linha é composta de, no mínimo, dois pares de coordenadas, ou seja, dois pontos, formando um segmento de reta. Os pontos extremos de início e fim da linha são nomeados como “nós”. Quando essas linhas possuem mais de um segmento, os pontos das coordenadas intermediárias que são formados recebem o nome de vértices.

FIGURA 19 – ESQUEMA CONCEITUAL DA ENTIDADE DE LINHAS

ID	FNODE	TNODE	PARES XY
1	1	3	(x1,y1) (x2,y2), (x2,y2) (x3,y3)
2	3	7	(x3,y3) (x4,y4), (x4,y4) (x5,y5), (x5,y5) (x6,y6), (x6,y6) (x7,y7)
3	3	9	(x3,y3) (x8,y8), (x8,y8) (x9,y9)
4	3	4	(x3,y3) (x10,y10)

Arquivo de Coordenadas



ID	CLASSE	NOME	EXT
1	Metrô	Linha Azul	10 km
2	Metrô	Linha Verde	13 km
3	Metrô	Linha Amarela	7 km
4	Metrô	Linha Vermelha	5 km

Tabela de Atributos

FONTE: O autor

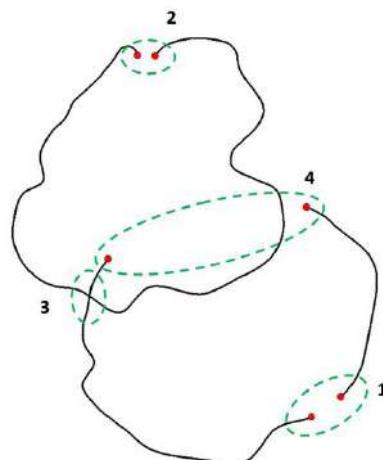
Por fim, as feições poligonais são utilizadas quando um objeto do mundo real, ao ser representado em um produto cartográfico, possui dimensões superiores ao especificado pela precisão gráfica. A entidade geométrica do polígono é composta de, no mínimo, três pares de coordenadas, formando um polígono triangular.

São muitos os exemplos de objetos representados pela geometria dos polígonos, como os limites político-administrativos, dados de uso e ocupação da terra, geologia, geomorfologia etc.

2.1.1 Estrutura de armazenamento de dados vetoriais

A estrutura de armazenamento dos dados vetoriais, a princípio, era baseada no tipo Spaghetti, entretanto, esse modelo possui lento processamento de dados, e não há arquivamento das relações espaciais. Como será apresentado, essa estrutura pode apresentar: 1 – arcos com ausência de contiguidade; 2 – polígono aberto (ausência de área); 3 – arcos sem conectividade (cruzamento); e 4 – polígonos adjacentes com sobreposição (buracos). Por isso, esse modelo gera dados que são encarados como não tratados, ou não estruturados.

FIGURA 20 – LIMITAÇÕES DA ESTRUTURA SPAGHETTI



FONTE: O autor

De acordo com Lisboa Filho e Iochpe (1996, p. 28), “os Modelos de Dados Spaghetti utilizam estruturas de dados que armazenam os polígonos/linhas como sequências de coordenadas de pontos. Nesses modelos, os limites entre duas áreas adjacentes são registrados (digitalizados) e armazenados duas vezes, uma para cada polígono”.

Atualmente, a estrutura mais utilizada é a topológica, na qual os elementos geográficos, representados por nós, arcos e polígonos, estão armazenados em tabelas, e suas propriedades geométricas não variam mediante uma deformação, como translação, escala e rotação.

Os nós, além de serem utilizados para representar as feições do ponto, também são utilizados para distinguir os vértices extremos (inicial e final) dos arcos. Os arcos, por sua vez, são feições unidimensionais delimitadas por nós, que podem ser utilizadas para representar uma linha ou polígono. No caso dos polígonos, os arcos definem o perímetro. Segundo Francisco (2014, p. 6), a topologia permite estabelecer as seguintes relações entre os elementos:

Pertinência: os arcos definem os limites dos polígonos fechados, definindo uma área; conectividade: os arcos são conectados com outros a partir de nós, permitindo a identificação de rotas e de redes, como rios e estradas; e contiguidade, ou seja, os arcos comuns definem a adjacência entre polígonos.

As feições geométricas (ponto, linha e polígono), utilizadas para a representação dos elementos, além da estrutura de armazenamento, estabelecem as relações espaciais entre os elementos geográficos, ou seja, relações existentes entre si e entre os outros elementos, denominadas de topológicas (BURROUGH; McDONNELL, 1998).

FIGURA 21 – TOPOLOGIA DO POLÍGONO

TOPOLOGIA						
POLÍGONO: ÁREA			NÓ: CONECTIVIDADE		ARCO: CONTIGUIDADE	
ID	POLIG.	ARCOS	NÓ	ARCOS	ARCO	POL. ESQ. E DIR.
1	A	a2, a7, a8	1	a1, a4, a9	a1	B E
2	B	a1, a2, a3, a4	2	a1, a2, a8	a2	B A
3	C	a4, a6, a9	3	a2, a3, a7	a3	B D
4	D	a3, a10, a7	4	a3, a4, a10, a6	a4	B C
5	E	a1, a8, a5, a9	5	a5, a7, a8, a10	a5	F E
6	F	a4, a5, a6	6	a5, a6, a9	a6	C F

Representação Gráfica

FONTE: O autor

Ainda, é possível compreender, com o auxílio da representação gráfica, as tabelas pertencentes à figura, ou seja, o polígono tem delimitação a partir dos arcos. Além disso, é possível entender a função dos nós, a de gerar a conectividade dos arcos. Por fim, a contiguidade dos arcos, a partir da qual é possível determinar o polígono que está à direita e o que está à esquerda.

2.1.2 Tipos de formatos vetoriais

Existem muitos formatos de arquivos de dados vetoriais para o ambiente SIG, sendo alguns com poucos recursos, como apenas servir para visualização de dados, enquanto outros são mais complexos e totalmente compatíveis com os softwares SIGs. Dentre os arquivos vetoriais, o mais popular e utilizado é o Esri Shapefile, vista sua compatibilidade com todos os softwares SIG, sejam comerciais ou de código aberto. Entretanto, conforme será apresentado, esse formato de arquivo, para funcionar corretamente, depende do auxílio de outros arquivos, devendo conter o mesmo prefixo para que seja entendido o relacionamento.

QUADRO 3 – ARQUIVOS QUE COMPÕEM O ESRI SHAPEFILE

Arquivo	Objetivo	Obrigatório?
SHP	Geometria da Feição.	Sim
SHX	Posição do índice da feição.	Sim
DBF	Dados do atributo.	Sim
PRJ	Metadados do sistema de projeção.	Não
XML	Metadados associados.	Não
SBN	Índice espacial para otimizar consultas.	Não
SBX	Otimiza os tempos de carregamento.	Não
CPG	Especifica a codificação do dado.	Não

FONTE: O autor

Outros dois exemplos de dados vetoriais muito utilizados são provenientes da linguagem de marcação do Google: o *Keyhole Markup Language* (KML) e a versão zipada (KMZ). Utilizados, principalmente, no Google Earth, esses arquivos são baseados no XML, sendo, as coordenadas (latitude e longitude), amarradas ao Sistema Geodésico de Referência WGS-84 e, a altitude, ao *datum* vertical WGS-84 EGM96 Geoid.

O formato da Linguagem de Marcação Geográfica (GML), assim como o KML, também é baseado no XML e definido, pela OGC, para expressar recursos geográficos. A simples estrutura pode ser modificada nos editores de texto, nos quais cada feição (objeto) possui a lista de propriedades, geometria e sistema de referência espacial. O GML serve como um idioma para sistemas geográficos,

e como um formato de intercâmbio aberto para transações geográficas, tendo a capacidade de integrar todas as formas de informações geográficas, incluindo não apenas objetos vetoriais ou discretos convencionais, mas coberturas e dados dos sensores.

Outro formato que merece ser lembrado é o Open Street Map (OSM), arquivo nativo do projeto de mesmo nome e que ficou conhecido como o maior *crowdsourcing* de SIG do mundo. Esse formato também é baseado no XML, entretanto, o formato Protocolbuffer Binary Format (PBF), menor e mais eficiente, é uma alternativa.

Com o advento dos mapas baseados na web, foi desenvolvido o GeoJSON, que registra as coordenadas, como texto no formulário do JavaScript Object Notation (JSON). Percebe-se que é um formato com estrutura simples, sendo capaz de, em qualquer editor de texto, inserir, editar ou remover objetos (dados gráficos e alfanuméricos).

QUADRO 4 – ESTRUTURA DE UM ARQUIVO GEOJSON

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "name": "locaisVisitados",
  "crs": {"type": "name", "properties": {"name": "urn:ogc:def:crs:OGC:1.3:CRS84"}},
  "features": [
    [
      {
        "type": "Feature",
        "properties": {"id": 1, "nome": "Florianópolis", "bairro": "Centro"},
        "geometry": {"type": "Point", "coordinates": [-48.54, -27.59]}
      }
    ]
  ]
}
```

FONTE: O autor

Além dos formatos de dados vetoriais já citados, outros também podem ser lembrados, como o GPS eXchange (GPX), formato baseado no XML que descreve pontos e rotas de receptores GPS; Idrisi Vector (VCT e VDC); e o MapInfo TAB (TAB, DAT, ID, MAP e IND), formato proprietário do software MapInfo. Apesar de não serem formatos de arquivos de ambiente SIG, os arquivos CAD (Desenho Assistido por Computador) estão sempre presentes no cotidiano do profissional do geoprocessamento. Embora não desenvolvidos para esse fim, os arquivos CAD são passíveis de serem visualizados em softwares SIG e, inclusive, através das ferramentas do geoprocessamento, esses arquivos podem ser convertidos para formatos SIG, podendo, dessa forma, ser editados e integrados às demais bases de dados já em ambiente SIG.

QUADRO 5 – FORMATOS DE ARQUIVOS DE CAD

EXT.	Nome	Descrição	Empresa
DWF	Design Web Format	Específico para uso na internet.	Autodesk
DWG	DraWing	Formato nativo do AutoCAD e que contém metadados.	Autodesk
DXF	Drawing Exchange Format	Formato para utilização em diferentes programas de CAD.	Autodesk
DGN	Design	Formato nativo Bentley Systems MicroStation.	Bentley

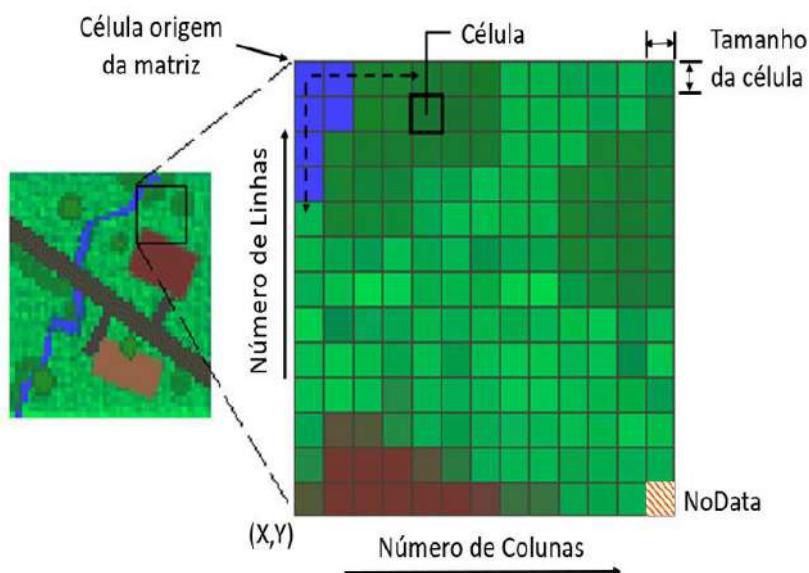
FONTE: O autor

Nesse momento, não serão descritos os formatos dos arquivos de banco de dados geográficos, como o File Geodatabase, Personal Geodatabase, OGC GeoPackage etc., assim como os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais, como o PostGIS + PostgreSQL e ArcSDE Enterprise Geodatabase + (Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2).

2.2 MATRICIAL

Na estrutura matricial, de varredura ou, ainda, raster, a representação de um objeto do mundo real é realizada por uma matriz bidimensional $M (i, j)$, composto por linhas (i) x colunas (j). Os elementos da matriz, formados pelo cruzamento das linhas e colunas, são nomeados de células ou pixels, e devem, obrigatoriamente, possuir a mesma dimensão.

FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO DOS PIXELS



FONTE: Adaptada de <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/GUID-6754AF39-CDE9-4F9D-8C3A-D59D93059BDD-web.png>>. Acesso em: 23 out. 2020.

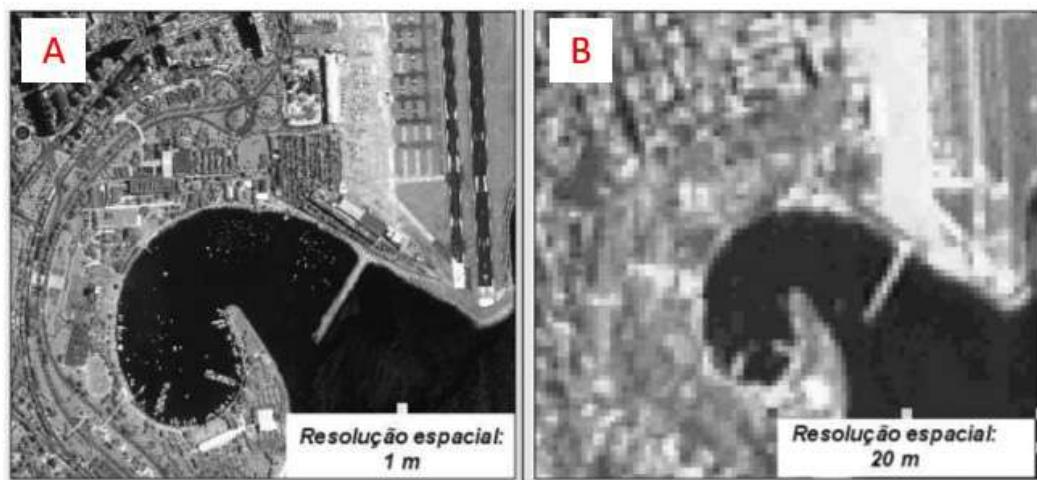
As células são representadas por números que podem ser, exclusivamente, do tipo inteiro ou reais. Há, ainda, os casos em que a matriz apresenta ausência de valores (*NoData*).

A resolução espacial da imagem está associada ao tamanho do pixel, dessa forma, quanto menor for a dimensão do pixel, menores objetos passam a ser identificados, e, com isso, maior será a resolução espacial da imagem. Além disso, as medidas da área e da distância são mais precisas se maior for a resolução espacial da imagem.



A respeito da resolução espacial, por exemplo, uma edificação de dimensão 40×40 metros não será identificada em uma imagem com resolução de 50 metros, mas a partir de resoluções menores.

Figura 23 – IKONOS (A) e SPOT (B)



FONTE: Adaptada de Francisco (2014)

Dessa forma, é possível verificar uma mesma cena representada por imagens de dois diferentes sensores. À esquerda, está a imagem do sensor do satélite IKONOS, que possui resolução de um metro, e, à direita, do satélite SPOT, que possui resolução espacial de 20 metros. É possível perceber mais detalhes na primeira imagem (A), como as edificações, sistema viário, parques, aeroporto e marina, detalhes não perceptíveis na imagem da direita (B).

Os valores numéricos de uma matriz variam de acordo com a quantidade de bits da imagem, assim como foi apresentado no tópico acerca da resolução radiométrica, na Unidade 1, ou seja, uma imagem de 1 bit ou (2^1), que representa uma imagem binária (preto e branco), possui apenas os valores 0 e 1. Seguindo a mesma lógica, uma imagem de 8 bits ou (2^8) possui a escala de níveis de cinza variando de 0 a 255.

2.2.1 Tipos de formatos matriciais

Assim como para os dados vetoriais, existem muitos formatos de arquivos de dados matriciais para o ambiente SIG também. O mais utilizado e aceito por quase todos os softwares SIGs e Sensoriamento Remoto é o GeoTIFF (TIF), que pode ser acompanhado pelos seguintes arquivos:

QUADRO 6 – ARQUIVOS QUE COMPÕEM O GEOTIFF

Arquivo	Objetivo	Obrigatório?
TIF	Arquivo Raster.	Sim
TFW	Especifica o tamanho dos pixels, as informações rotacionais e as coordenadas mundiais para o canto superior esquerdo da imagem.	Não
XML	Acompanha GeoTIFFs e são seus metadados.	Não
AUX	Armazena projeções e outras informações.	Não
OVR	Aprimora o desempenho da exibição do arquivo.	Não

FONTE: O autor

Outro formato muito difundido, principalmente, pela facilidade de intercâmbio de informação, é o ASCII. Nesse formato, um conjunto de números reais entre 0 e 255 é utilizado para armazenamento e processamento das informações. Os arquivos de texto ASCII armazenam dados SIG, na forma nativa, em um formato delimitado por tabulação, vírgula ou espaço.

A Hexagon Geospatial possui, como arquivo proprietário, o ERDAS Imagine (IMG). Esse formato de arquivo, com frequência, é utilizado para armazenar bandas únicas e múltiplas dos dados de satélite. Os arquivos IMG utilizam formato hierárquico (HFA), que são, opcionalmente, utilizados para armazenar informações do arquivo, como tipo de sensor e pontos de controle.

Já a Esri desenvolveu o arquivo proprietário “Grid”. Como vantagem desse arquivo, pode-se destacar o fato de possuir dados de atributos no próprio arquivo raster (restrito para matrizes de valores inteiros).

No software IDRISI, são utilizados arquivos matriciais no formato RST, que consiste em valores de células de grade numérica, como números inteiros, números reais, bytes e RGB24. Como arquivo auxiliar da documentação, no IDRISI, é utilizado o RDC, que, dentre várias funções, é responsável por fazer o registro do sistema de coordenadas, das unidades de referência e do erro posicional.

O software ENVI utiliza arquivos raster no formato Band Interleaved, que armazenam imagens de uma ou várias bandas. O formato BIL armazena informações do pixel, com base em linhas, para todas as bandas em uma imagem. Já o formato BIP é responsável por atribuir valores do pixel, para cada banda, por linhas. Por fim, o formato BSQ armazena as bandas separadas por linhas.

Além dos formatos citados, existem os formatos matriciais, provenientes da compressão. Têm, como função, a redução do tamanho do arquivo, como é o caso do ECW (*ER Mapper Enhanced Compression Wavelet*), JP2 (*Joint Photographic Experts Group – JPEG2000*) e o SID (*LizardTech Multiresolution Seamless Image Database – MrSID*).

2.3 COMPARAÇÃO VETORIAL X MATRICIAL

Após o aprendizado das estruturas vetoriais e matriciais, pode surgir a seguinte dúvida: qual é o melhor modelo? Embora, na maior parte das situações, objetos do mundo real possam ser representados por ambas as estruturas, a verdade é que os dados vetoriais e os matriciais possuem vantagens e desvantagens, e situações diferentes fazem com que o profissional técnico opte por um ou outro modelo de representação.

Como vantagem dos dados vetoriais, pode-se destacar o fato de possuírem maior precisão gráfica, visto que os dados independem do tamanho da célula (pixel). Por meio das regras topológicas, é possível manter a integridade dos dados, a capacidade de análise da rede e uma estética mais agradável, com um volume de dados muito menor.

Como vantagem dos dados matriciais, pode-se destacar a facilidade de geração da análise espacial, por meio da álgebra de mapas, além da análise quantitativa, com dados discretos e contínuos. A estrutura dos dados é de simples compreensão e é o modelo de dados dos produtos do sensoriamento remoto.

A seguir, será possível analisar as principais características entre a estrutura de dados matriciais (raster) e a de vetoriais.

O pleno entendimento de ambos os modelos é de suma importância para o profissional técnico, entretanto, graças às ferramentas do geoprocessamento, é possível realizar a transformação de uma estrutura para outra sem grandes problemas.

QUADRO 7 – COMPARAÇÃO ENTRE AS ESTRUTURAS RASTER E VETORIAL

CARACTERÍSTICA	RASTER	VETOR
Estrutura de Dados	Geralmente simples.	Geralmente complexa
Requisito de Armazenagem	Grande para a maioria dos dados sem compressão.	Pequeno para a maior parte dos dados.
Conversão do Sistema de Coordenadas	Pode ser lenta, devido ao volume, e requerer reamostragem.	Simples.
Precisão Posicional	Degraus contornando células; depende da resolução adotada.	Limitada somente pela qualidade posicional de levantamento.
Acessibilidade	Fácil para modificar através do uso de programas; estrutura de dados simples.	Frequentemente complexa.
Visualização e saída	Boas para imagens, mas, para feições discretas, podem mostrar efeito escada.	Parecidas com mapas, com curvas contínuas; pobres para imagens.
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos.	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis.
Análise e Modelagem	Superposição e modelagem mais fáceis.	Álgebra de mapas é limitada.

FONTE: Marino (2012, p. 61)

Dessa forma, é possível compreender as características das estruturas dos dados matriciais e vetoriais, como o fato de os dados matriciais serem muito indicados para a realização da álgebra de mapas. Ainda, pelos dados vetoriais possuírem uma estrutura mais complexa, mas ocuparem um espaço menor para o armazenamento.

3 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

O Modelo Digital de Elevação (MDE ou DEM, em inglês) pode ser descrito como um modelo matemático computacional em três dimensões (X, Y, Z), que representa a distribuição espacial do mundo real de forma normalmente contínua. Por meio de um MDE, é possível gerar uma série de análises, como corte e aterro para projetos de engenharia para barragens, ferrovias e rodovias. Singh (2013) cita alguns exemplos nos quais o MDE pode ser utilizado:

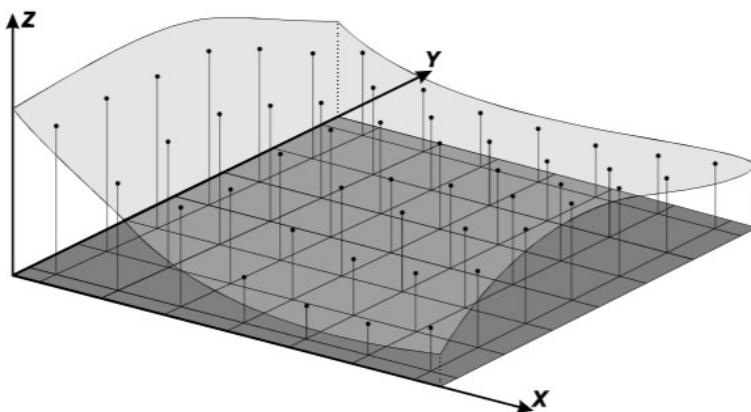
- Extrair parâmetros do terreno.
- Realizar modelagem do fluxo da água ou movimento de massa (por exemplo, deslizamentos).
- Criar mapas de relevo.
- Realizar renderizações de visualizações em 3D.
- Retificar fotografia aérea ou imagens de satélite.
- Reduzir (correção do terreno) medidas da gravidade (gravimetria, geodésia física).
- Gerar análises de terreno em geomorfologia e geografia física.

3.1 GRADE REGULAR E MALHA TRIANGULAR

Um modelo digital de elevação pode ser representado por meio da grade regular ou por malha triangular. Quando for grade regular, o modelo utiliza a estruturação de dados na forma matricial, em que cada pixel (célula) possui um valor de altitude que aproxima superfícies por meio de um poliedro de faces retangulares. A qualidade e a fidelidade desse modelo com o mundo real estão associadas à quantidade de pontos de controle levantados, uma vez que, com eles, surgem valores exatos, assim, o modelo da superfície contínua é realizado por meio dos métodos de interpolação.

O espaçamento da grade, ou seja, a resolução em x ou y, deve ser idealmente menor ou igual à menor distância entre duas amostras com cotas diferentes. Ao se gerar uma grade muito fina (densa), com distância entre os pontos muito pequena, existirá um maior número de informações sobre a superfície analisada, porém, necessitará de maior tempo para a geração. Ao contrário, considerando distâncias grandes entre os pontos, será criada uma grade grossa, que poderá gerar perda de informação (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001, p. 6).

FIGURA 24 – MDE POR GRADE REGULAR



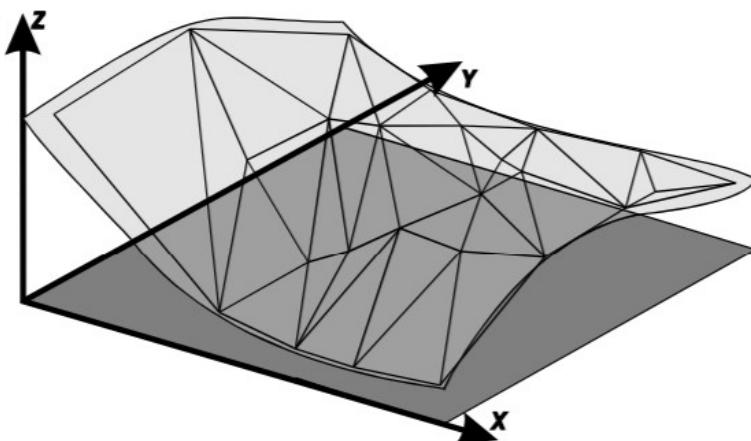
FONTE: Namikawa (1995 *apud* CÂMARA; MONTEIRO, 2001, p. 27)

Já o modelo malha triangular, também conhecido como TIN (acrônimo para Triangulated Irregular Network), diferente da grade regular, é uma estrutura de dados vetoriais que representa o mundo real por meio de um conjunto de faces de triângulos irregulares conectados uns aos outros por modelagem topológica. Cada um dos vértices exerce a função de um nó e, a eles, são associados os valores das coordenadas (X, Y, Z), além das arestas desses triângulos exercerem a função de arcos.

Os vértices do triângulo são, geralmente, os pontos amostrados da superfície. Essa modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as descontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando, assim, modelar a superfície do terreno, preservando as feições geomórficas da superfície (FELGUEIRAS; CÂMARA, 2001, p. 7).

Observe o exposto a seguir, a partir do qual será possível verificar um exemplo de MDE gerado por malha triangular:

FIGURA 25 – MDE POR MALHA TRIANGULAR



FONTE: Namikawa (1995 *apud* CÂMARA; MONTEIRO, 2001, p. 28)

Assim como na discussão entre as estruturas de dados matriciais e vetoriais, não se pode dizer que o modelo da grade regular é superior à modelagem da malha triangular, e vice-versa. Embora ambos os modelos sejam capazes de representar a superfície de determinada região, em diferentes situações, uma modelagem pode ser mais eficiente do que a outra.

O modelo da grade regular, por exemplo, possui vantagens quando é necessária a visualização em 3D, e para casos de variáveis geofísicas. Entretanto, possui limitações para cálculos de declividade e representação do relevo complexo. Já o modelo da malha triangular, por sua vez, representa, com fidelidade, relevos complexos e a preservação de informações morfológicas. Por outro lado, possui limitações quanto ao manuseio do modelo e dificuldades para visualização em 3D. A seguir, serão apresentadas algumas características das modelagens a partir da grade regular e da malha triangular.

QUADRO 8 – COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DA GRADE REGULAR E DA MALHA TRIANGULAR

Grade Regular Retangular	Grade Irregular Triangular
Apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo.	Não apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo.
Os vértices dos retângulos são estimados a partir das amostras.	Os vértices dos triângulos pertencem ao conjunto amostral.
Apresenta problemas para representar superfícies com variações locais acentuadas.	Representa melhor superfícies não homogêneas com variações locais acentuadas.
Estrutura de dados mais simples.	Estrutura de dados mais complexa.
Relações topológicas entre os retângulos são explícitas.	É necessário identificar, além de armazenar as relações topológicas entre os triângulos.
Mais utilizada em aplicações qualitativas e para análises multiníveis no formato “raster”.	Mais utilizada em aplicações quantitativas.

FONTE: Felgueiras e Câmara (2001, p. 20)

3.2 MDT E MDS

O MDE é um termo utilizado, de forma genérica, para o Modelo Digital de Terreno (MDT) e para o Modelo Digital de Superfície (MDS). O MDT, também conhecido como Modelo Numérico de Terreno (MNT), é a representação altimétrica do terreno de modo simplificado, uma vez que o modelo não considera os objetos do mundo real, como edificações, árvores etc., apenas a elevação. Como principais fontes de dados de um MDT a nível global, pode-se citar:

- *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM): missão de radar realizada no ano 2000 pela *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) e *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), ambas dos EUA, com o objetivo de gerar um MDT global de 90 metros de resolução espacial.
- *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) *Global Digital Elevation Model* (GDEM): missão realizada pelo *Ministry of Economy, Trade, Industry* (METI), do Japão, e a NASA, tendo a primeira versão do ASTER GDEM lançada em junho de 2009, com uma resolução espacial de 30 metros.
- TOPODATA: o projeto Topodata, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), teve sua primeira versão em 2008, e tem, como objetivo para a cobertura do território nacional (Brasil), refinar os dados do SRTM com resolução espacial final de, aproximadamente, 30 metros ou 1 segundo de arco.

Já o Modelo Digital de Superfície, mais completo, inclui, na sua representação altimétrica, os objetos do mundo real, como edificações, árvores, veículos etc.

FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO DE MDT E MDS



FONTE: <https://www.gisresources.com/wp-content/uploads/2013/09/dsm_dtm_2-800x500_c.png> Acesso em: 23 out. 2020.

Dessa forma, como explanado ao longo do Tópico 2, pode-se compreender a estrutura dos dados espaciais em um SIG (matricial e vetorial), além do conhecimento do modelo digital de elevação e dos diferentes tipos.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- Um dado espacial pode ser entendido como uma tentativa de descrição de uma área do mundo real sob a perspectiva de determinada temática.
- Dados espaciais desenvolvidos em um SIG apresentam características especiais.
- Dados geográficos são os dados espaciais referenciados a um Sistema Geodésico de Referência (SGR).
- A estrutura dos dados matriciais é composta por uma matriz, na qual cada célula expressa um valor.
- A estrutura dos dados vetoriais é composta por pontos, linhas e polígonos.
- Atualmente, é utilizada a estrutura topológica de armazenamento de dados vetoriais, e não mais a Spaghetti.
- Existe uma série de formatos de dados matriciais e vetoriais, sendo, o TIF, o mais popular dos arquivos matriciais e, o SHP, dos vetoriais.
- Um MDE pode ser representado por meio da grade regular ou da malha triangular.
- Um modelo digital pode ser do tipo MDT ou MDS.

AUTOATIVIDADE



1 Os dados, em um sistema de informações geográficas, são estruturados em alfanuméricos e gráficos. Quando gráficos, são subdivididos em vetoriais e matriciais. Leia, com atenção, as afirmativas a respeito da estrutura de dados gráficos em um SIG:

- I- A estrutura de dados vetoriais ou de varredura é formada por pontos, linhas e polígonos.
- II- A estrutura de dados matriciais ou raster é formada por matrizes bidimensionais, a partir das quais os elementos devem, obrigatoriamente, possuir a mesma dimensão.
- III- O modelo Spaghetti já foi muito utilizado para o armazenamento de dados vetoriais, entretanto, foi substituído pela estrutura topológica. Assim, as propriedades geométricas não variam mediante deformação, como translação, escala e rotação.
- IV- Em um SIG, o principal formato de arquivo vetorial é o SHP, e, o matricial, o JPG.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas II e III estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas II, III e IV estão corretas.
- e) () Apenas as alternativas III e IV estão corretas.

2 Em projetos de geoprocessamento, os dados gráficos são representados pelas estruturas dos dados matriciais (raster) e vetoriais. Suas características os tornam frágeis para algumas aplicações e, muito úteis, para outras. A respeito da comparação entre as estruturas de dados matricial e vetorial, assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Em dados vetoriais, a conversão entre sistemas de coordenadas é complexa.
- b) () Em dados raster, a estrutura de dados, geralmente, é simples.
- c) () Em dados vetoriais, não existe relacionamento topológico entre os objetos disponíveis.
- d) () A análise por álgebra de mapas é muito eficiente em dados vetoriais.
- e) () Normalmente, é exigido um espaço menor para o armazenamento de dados raster do que para dados vetoriais.

3 O Modelo Digital de Elevação (MDE) pode ser descrito como um modelo matemático computacional em três dimensões (X, Y, Z), que representa a distribuição espacial do mundo real de forma normalmente contínua. O MDE é o termo genérico utilizado para outros dois modelos. Quais são os nomes e qual a principal diferença entre eles?

SGBD E SOFTWARES DE SIG

1 INTRODUÇÃO

No tópico anterior, foram apresentadas as estruturas de dados de um SIG, além dos principais tipos de formatos para dados vetoriais e raster. Entretanto, neste tópico, serão abordados alguns exemplos de bancos de dados geográficos, suas principais características e comparações com outros formatos de arquivos utilizados em ambiente SIG.

Além disso, serão apresentados conceitos de sistemas gerenciadores de bancos de dados geográficos e a utilização, na prática, das arquiteturas dual e integrada.

Por fim, serão apresentados os principais tipos de softwares SIG utilizados na atualidade, como os SIG desktops, sendo proprietários, como o ArcGIS, ou de código aberto, como o QGIS. Ainda, os SIG Web, podendo dividir-se em servidores de mapas da web, como o GeoServer; SIG nas nuvens, como o ArcGIS On-line e serviços de mapas; e o Web Mapping API, como o Leaflet.

2 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um Banco de Dados Geográficos (BDG), diferente de um banco de dados convencional, é capaz de associar, às informações alfanuméricas, feições geométricas (espaciais). Ok, mas por que não utilizar formatos de dados vetoriais, como o Shapefile, ou matriciais, como o GeoTIF? A resposta é: nem sempre o melhor caminho é o armazenamento de dados em um banco de dados geográficos. Por exemplo, os formatos Shapefile e GeoTIF são aceitos por quase todos os softwares SIG, e são considerados formatos portáteis e de fácil compartilhamento.

Entretanto, com a evolução tecnológica, aliada ao crescimento exponencial dos volumes de dados, formatos que, outrora, supriam as necessidades de um projeto, passaram a ser empecilhos, como é o caso do Shapefile, que possui limite de armazenamento de até 2 GB; nomes de campos, em uma tabela, de atributos limitados a dez caracteres; e a utilização do monousuário. Ou seja, não pode ser editado, simultaneamente, por mais de uma pessoa; permite, apenas, o relacionamento de uma para uma. Não há como descrever relações topológicas nesse formato.

Em um banco de dados geográficos, todos os dados ficam centralizados em um único banco. Em um exemplo hipotético, a prefeitura de um município poderia centralizar a gestão das informações geográficas em um SGBD multiusuário, assim, os órgãos de jurisdições municipais, como as secretaria de infraestrutura e meio ambiente, poderiam ter acesso à base de dados e realizar edições sem o risco da sobreposição de versões, garantindo a integridade dos dados.

Dada a necessidade da utilização dos dados georreferenciados nas mais diferentes situações, é normal que tenham surgido problemas complexos que exigiram a evolução da maneira como os dados são armazenados. Dessa forma, agora, serão apresentados alguns formatos de banco de dados geográficos, como Esri Personal Geodatabase, Esri File Geodatabase, OGC GeoPackage, Mapbox MBTiles, GE Smallworld e SpatialLite.

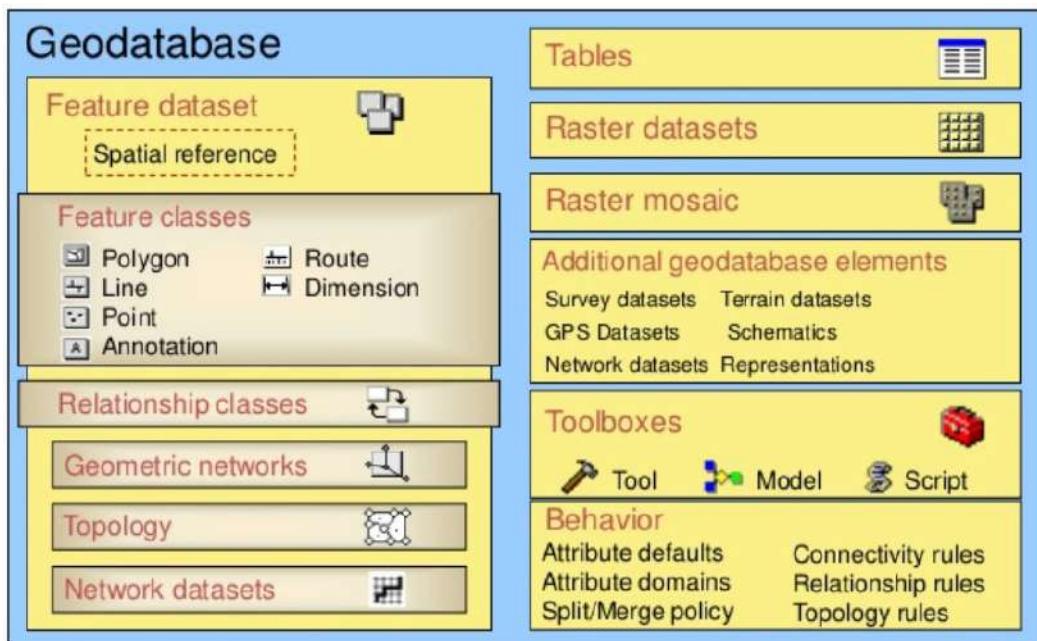
2.1 GEODATABASE

O Esri Personal Geodatabase é utilizado desde a versão 8.0 do ArcGIS, e possui extensão de arquivo de banco de dados (MDB) padrão do Microsoft Access. Esse BDG, apesar de poder gerenciar dados vetoriais e matriciais e criar classes de relacionamento, já possui tecnologia relativamente ultrapassada, vista a capacidade de armazenamento restrita a 2 GB. Como ponto positivo, pode-se destacar o fato de o Personal Geodatabase poder utilizar o protocolo ODBC para conectar o Microsoft Access com fontes externas dos dados.

Visando corrigir e atualizar o sistema de armazenamento de dados no geodatabase, foi criado, pela Esri, o sucessor do Personal Geodatabase, o File Geodatabase. A Esri, na nova estrutura, aumentou a capacidade de armazenamento de dados para 1 TB. Além disso, o File Geodatabase possui vantagens estruturais e de desempenho em relação ao anterior, índices espaciais aprimorados e uma excelente compactação dos dados. Contudo, o seu maior problema é o fato de o uso ser restrito aos softwares da Esri.

A seguir, será possível verificar os elementos de um Geodatabase: 1 – *Feature dataset*, para armazenamento de referência espacial; 2 – *Feature classes* (polígono, linha, ponto, anotação, rota e dimensão); 3 – *Relationship classes* (relacionamentos); 4 – *Geometric networks* (geometria de redes); 5 – *Topology* (regras topológicas); 6 – *Network datasets* (conjunto de dados de redes); 7 – *Tables* (tabelas), elementos responsáveis pelo armazenamento de dados não espaciais; 8 – *Raster datasets* (dados matriciais); 9 – *Raster mosaic* (mosaico de dados matriciais); 10 – *Additional geodatabase elements* (elementos adicionais do geodatabase); 11 – *Toolboxes* (caixa de ferramentas); e 12 – *Behavior* (comportamentos).

FIGURA 27 – ELEMENTOS DE UM GEODATABASE



FONTE: <<https://image.slidesharecdn.com/evolutionofesridataformatsv1-121203040931-phpapp01/95/evolution-of-esri-data-formats-seminar-18-638.jpg?cb=1354508421>>.

Acesso em: 23 out. 2020.

Após conhecer, apenas um pouco, do Personal Geodatabase e do File Geodatabase, é possível identificar as principais diferenças para o formato de dados Shapefile.

QUADRO 9 – DIFERENÇAS ENTRE SHAPEFILE E GEODATABASE

Shapefile	Geodatabase
Ocupa mais espaço de armazenamento.	Ocupa menos espaço de armazenamento.
Não suporta nomes de campo maior que dez caracteres.	Suporta nomes de campo maior que dez caracteres.
Não permite armazenar data e tempo em um mesmo campo.	Permite armazenar data e tempo em um mesmo campo.
Não suporta estrutura de dados matriciais.	Suporta estrutura de dados matriciais.
Não suporta topologia.	Suporta topologia.
Compatível com qualquer software SIG.	File Geodatabase é compatível apenas com Esri ArcGIS.

FONTE: Adaptado de Discover Spatial (2018)

2.2 OGC GEOPACKAGE

O formato de dados OGC GeoPackage, cuja extensão de arquivo é o .gpkg, cada vez mais se populariza e ganha novos adeptos, sendo, alguns dos motivos: possuir um único arquivo para armazenamento de dados vetoriais, matriciais, esquema (campos de tabela), metadados e extensões; capacidade de armazenamento de, aproximadamente, 140 TB; padrão de armazenamento de dados espaciais em formato de arquivo baseado em SQLite; e formato aberto para informações geoespaciais.

Em fevereiro de 2014, a OGC Open Geospatial Consortium definiu o novo padrão de armazenamento de dados para a interoperabilidade de dados geoespaciais, na qual armazena as geometrias no padrão OGC SFS Simple Feature Specification (SFS, 2014), que é usado pelos maiores bancos de dados com extensões espaciais do mercado. O padrão é baseado no SQLite (SQLite, 2014), que nada mais é que um banco de dados que suporta linguagem SQL em formato de arquivo, sem a necessidade de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados SGBD (BOGOSSIAN, 2014, p. 4).

FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO DE MUITOS DADOS EM UM ÚNICO ARQUIVO



FONTE: <https://www.ogc.org/pub/www/files/blog/Geopackage_layers.png>. Acesso em: 6 out. 2020.

Além dos argumentos já citados, o formato GeoPackage, na sua versão Beta, passou a ser suportado nos produtos da Esri a partir da versão 10.2.2, do ArcGIS, e da versão 1.2, do ArcGIS 10.5.1. No software QGIS 3, passou a ser um formato nativo e, além disso, nas versões anteriores do QGIS, o formato era aceito via biblioteca GDAL/OGR. Esses argumentos são suficientes para mostrar que o GeoPackage tem motivos para desbancar o arquivo Shapefile como o mais popular em softwares SIG.

Ok, mas ao comparar extensões de banco de dados, o GeoPackage disputa espaço com o File Geodatabase (FGDB)? Sim, o principal motivo é o fato de o GeoPackage ser livre e possuir arquivo no padrão OGC, enquanto, por ser

proprietário, não existe uma maneira de, em código aberto, gravar um FGDB, sendo necessário o uso de bibliotecas API proprietárias da Esri. A seguir, será possível verificar algumas vantagens e desvantagens do uso do GeoPackage e do File Geodatabase.

QUADRO 10 – GEOPACKAGE X FILE GEODATABASE

	GeoPackage	File Geodatabase
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> Padrão OGC. Formato livre. Aceito por muitos softwares. Amplamente implementado (GDAL, QGIS, R, Python, Esri). Dados centralizados em um arquivo. Grande capacidade de armazenamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Evolução do Personal Geodatabase, a partir do qual muitos dos erros foram corrigidos. Grande capacidade de armazenamento. Edição simultânea (desde que em diferentes DataSets, Feature Classes ou tabelas).
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> Formato recente, logo, tende a ter menos bibliotecas e discussões. Possui limitações de suporte para o raster. Não é multiusuário. 	<ul style="list-style-type: none"> Formato proprietário de uso exclusivo nos produtos da Esri. Não é possível gravar um FGDB a partir do código aberto. Pouca documentação a respeito do FGDB.

FONTE: O autor

2.3 SPATIALITE

A SpatiaLite é uma biblioteca de código aberto, simples e leve. Segundo Andrade (2015, p. 11), “a biblioteca adiciona, ao banco SQLite, tipos de dados e funções SQL para lidar com dados espaciais. A SpatiaLite está, na sua maioria, em conformidade com as especificações do OGC”.

A extensão SpatialLite, embora não adote a arquitetura cliente-servidor, guardadas as proporções, é semelhante ao PostGIS, Oracle Spatial e SQL Server. Por ser uma biblioteca livre, ela é aceita por vários softwares, como ArcGIS, QGIS, AutocadMap, Global Mapper, FME etc.

Segundo descrito na documentação da biblioteca SpatialLite, são algumas das suas características:

- Uma única biblioteca leve que implementa o mecanismo SQL completo.
- Implementação SQL padrão: SQL-92 quase completo.
- Um banco de dados inteiro, simplesmente, corresponde a um único arquivo monolítico (sem limites de tamanho).
- Qualquer arquivo DB pode ser trocado com segurança em diferentes plataformas, porque a arquitetura interna é universalmente portátil.
- Sem instalação e sem configuração.

2.4 MAPBOX MBTILES

Relativamente mais simples e com formato de arquivo também baseado no banco de dados SQLite, o MBTiles foi projetado para uso no Mapbox e outros aplicativos web/mobile. Assim como o GeoPackage, o MBTiles também tem, como funções, armazenar e empacotar conjuntos de blocos de mapas raster ou vetoriais em um único arquivo. Dessa forma, os seguintes pontos positivos desse formato de arquivo podem ser destacados:

- Um arquivo MBTiles pode ser criado em software livre de GIS, como o QGIS.
- Não precisa ser descompactado para uso.
- O armazenamento de informações é endereçável por conteúdo.

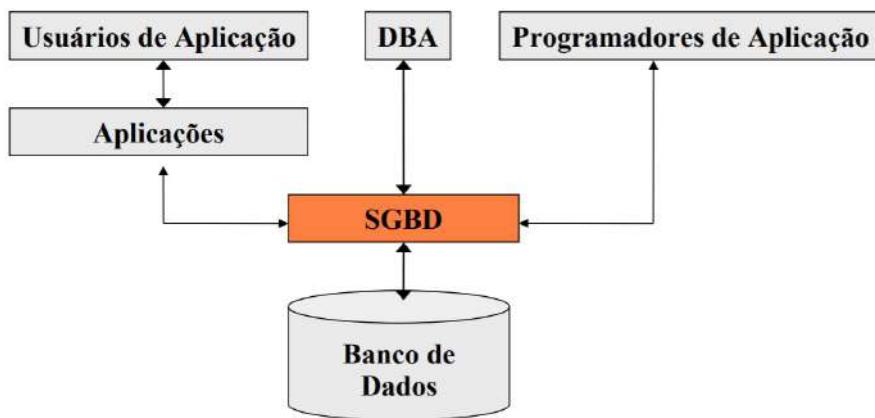
Já os principais pontos negativos do arquivo MBTiles é o fato de suportar um único sistema de coordenadas, o esférico de Mercator, e necessitar de um cliente SQLite (nativo) para ler e gravar dados.

3 SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS

Nos itens anteriores, foram apresentados alguns tipos de bancos de dados geográficos e que, inclusive, possuem funcionalidades bem interessantes. Entretanto, quando o projeto necessita de aplicações mais robustas e multiusuários, é necessária a utilização de um sistema gerenciador de banco de dados.

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) realiza o papel de interface entre os usuários e o banco de dados. Por meio dele, é possível realizar todo o processo de gerenciamento de um banco de dados, como adição, atualização, consulta e remoção de dados. Esses procedimentos são realizados de forma segura, visando manter a integridade do dado. A seguir, será possível observar uma estrutura básica de um SGBD.

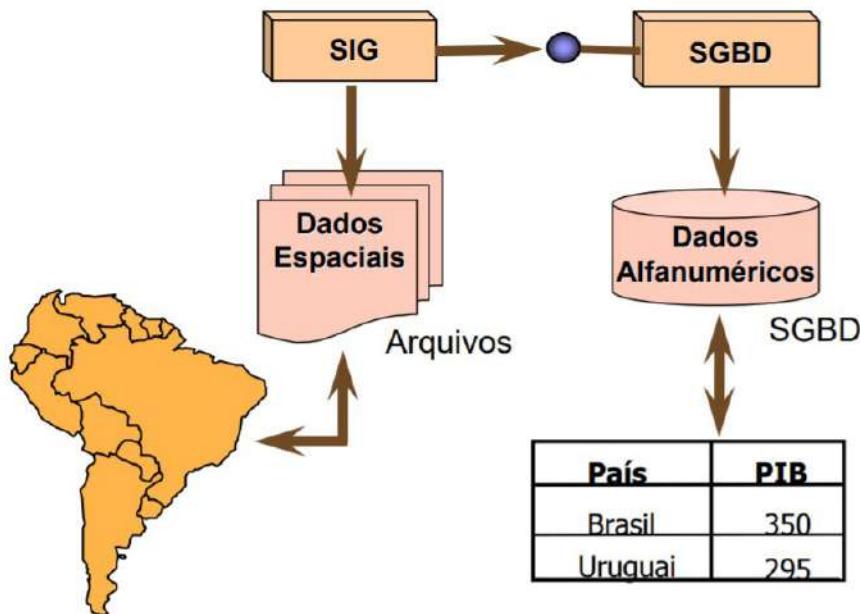
FIGURA 29 – SISTEMA GERENCIADOR DE BANCO DE DADOS



FONTE: Ferreira (2010, p. 20)

Na arquitetura do software SIG do tipo dual, apresentada no primeiro tópico da Unidade 2, os dados alfanuméricicos já podiam ser armazenados em um SGBD relacional, entretanto, os dados espaciais precisavam ser armazenados em um arquivo separado. Muitos problemas podem ser gerados a partir desse modelo de armazenamento, dentre eles, segundo Ferreira (2010): falta de interoperabilidade; consultas são divididas em duas partes; dificuldade de manter a integridade entre dados espaciais e atributos; além de não permitir ambiente multiusuário.

FIGURA 30 – ARQUITETURA DUAL

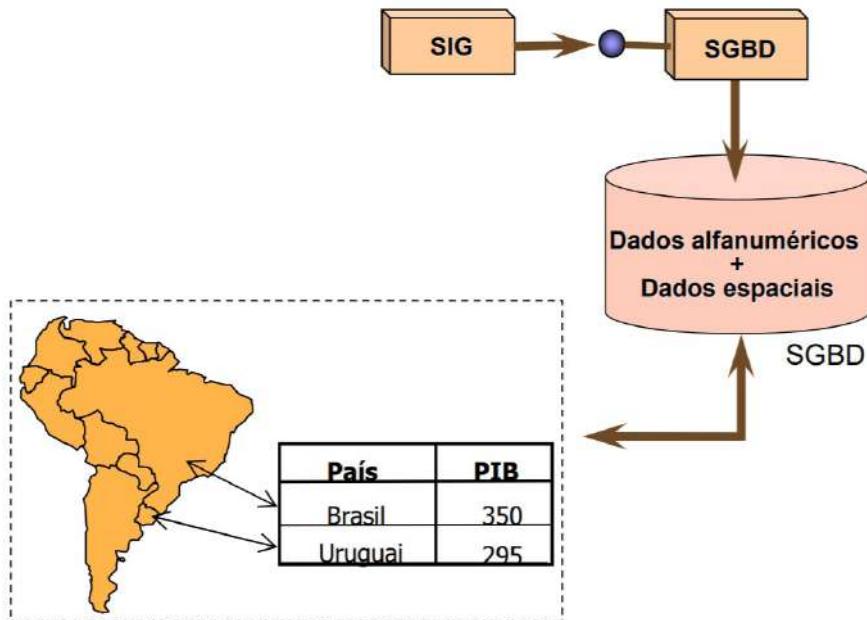


FONTE: Ferreira (2010, p. 23)

Visando aperfeiçoar o modo como os dados espaciais eram armazenados, foi desenvolvida a arquitetura integrada, assim, os dados alfanuméricicos e espaciais passavam a ser armazenados em um mesmo local. Primeiramente, ainda com SGBD relacional, os dados espaciais eram armazenados em forma de tabela com relacionamentos ou a partir de um campo do tipo longo binário (BLOB). Apesar de já apresentar grandes evoluções quanto à arquitetura dual, armazenar dados espaciais em um SGBD relacional, segundo Ferreira (2010), gerava:

- Perda de semântica dos dados espaciais.
- Limitações da SQL para manipular BLOBs.
- Métodos de acesso e otimização de consultas devem ser implementados pelo SIG.

FIGURA 31 – ARQUITETURA INTEGRADA



FONTE: Ferreira (2010, p. 31)

Dessa forma, visando corrigir as limitações do SGBD relacional e atender às necessidades que surgiram a partir do desenvolvimento das tecnologias orientadas a objetos, foi desenvolvido o SGBD objeto-relacional, que, segundo Ferreira (2010), combina os benefícios do modelo relacional com a capacidade do modelo orientado a objetos.

A área de atuação dos SGBDs Objeto-Relacional tenta suprir a dificuldade dos sistemas relacionais convencionais, que é a de representar e manipular dados complexos. A solução proposta é a adição de facilidades para manusear tais dados, utilizando as facilidades SQL existentes. Para isso, foi necessário adicionar: extensões dos tipos básicos no contexto SQL; representações para objetos complexos no contexto SQL; herança no contexto SQL; sistema para produção de regras (BONFIOLI, 2006, p. 19).

Com isso, a arquitetura integrada, que utilizava SGBD relacional, passou, também, a aceitar o gerenciamento de dados a partir de um SGBD-OR. Entende-se, então, que, ao utilizar um SGBD-OR em um projeto de geoprocessamento, é retirada, do SIG, a responsabilidade de gerenciamento dos dados geográficos, visto que esse modelo possui extensões para suportar dados espaciais. Como exemplo de extensões espaciais de código aberto, destaca-se o PostGIS, e, como soluções comerciais, Oracle Spatial, IBM DB2 Spatial Extender e SQL Server Spatial.

4 SOFTWARES DE SIG

Incialmente, as ferramentas de geoprocessamento estavam dispostas em softwares do tipo desktop, ou seja, com acesso local. Com a evolução tecnológica, disseminação da internet de banda larga e explosão dos dados, novas possibilidades foram apresentadas, e, hoje, há uma experiência muito agradável do ambiente SIG no desktop e na web (acesso remoto via rede). Assim, serão apresentadas as principais características e tipos de softwares de SIG.

4.1 SIG DESKTOP (LOCAL)

Os softwares desktop são os que possuem maior legado de desenvolvimento e são os mais robustos em termos de funcionalidades, visto que, ainda, existem limitações de trabalho na web, com análises espaciais complexas e processamento de dados pesados. A seguir, conhiceremos as vantagens e desvantagens.

QUADRO 11 – SOFTWARES DESKTOP

Vantagens	Desvantagens
Maior número de funcionalidades.	Dados armazenados em uma unidade local são mais difíceis para compartilhar.
Não necessita de conexão com a internet.	Operação através de pessoal especializado.
Ferramentas de desenvolvimento para criação de aplicativos GIS sob medida.	Estruturas de licenciamento restringem o uso.
Maior performance para o processamento de arquivos grandes.	Sem funcionalidade de captura de dados.
Maior capacidade de renderização de digitalizações complexas.	Frequentemente, necessita de hardware caro para funcionar.
	Atualizações pouco frequentes em comparação com GIS on-line.
	Muitas vezes, o valor da licença (quando comercial) é maior.

FONTE: Adaptado de Unearth (2020)

4.2 PROPRIETÁRIO

Os softwares proprietários são conhecidos, também, como comerciais. Seu uso legal está atrelado à aquisição de uma licença, podendo ser perpétua ou através de assinaturas, com um ciclo de vida finito. Isso não é uma lei, mas, muitas vezes, os softwares proprietários possuem mais recursos e contam com um suporte técnico especializado, entretanto, o custo da licença pode ser um impedimento para profissionais autônomos ou empresas de baixo faturamento. Na categoria de softwares desktop proprietário, destacam-se:

- **ArcGIS Pro:** a Esri é referência em softwares SIG há algumas décadas. O ArcGIS Pro, sua nova linha de software desktop da Esri, teve o seu layout repaginado em relação ao ArcMap, e continua apresentando ferramentas e soluções de geoprocessamento muito eficientes. Apesar de ser comercial, sua licença pode ser adquirida em módulos de diferentes níveis.
- **MapInfo Pro:** de forma geral, esse software é mais simples se comparado a outros softwares SIG. Entretanto, o MapInfo, que é desenvolvido pela empresa Pitney Bowes, possui, como foco, a inteligência da geolocalização. A tomada de decisão por um local ótimo, para a instalação de um novo empreendimento, é facilitada a partir do uso.
- **GeoMedia:** software desenvolvido pela Hexagon Geospatial, o GeoMedia é comercializado no Power Portfolio. Dentre os seus diferenciais, está o fato de verificar, automaticamente, a qualidade e a integridade dos dados por meio da ferramenta Data Validation.
- **TerrSet:** software desenvolvido pela Clark Labs, apesar de ser muito reconhecido pelas funcionalidades do sensoriamento remoto, com a integração da biblioteca IDRISI GIS Analysis, é incorporado, ao TerrSet, um conjunto de mais de 300 ferramentas analíticas, que são orientadas, principalmente, para dados matriciais.
- **Smallworld:** desenvolvido pela General Electric (GE), o Smallworld também é comercializado por módulos a partir dos quais a plataforma básica recebe o nome de Smallworld Core. Possui uma vantagem ao manter um banco de dados nativo escalonável. O seu negócio é voltado para o público, que desenvolve projetos nas áreas de telecomunicações, elétrica, gás e água.
- **OpenCities Map:** desenvolvido pela Bentley, através desse software, é possível acessar, além de editar e compartilhar dados CAD, BIM e GIS (SIG). Um dos seus objetivos é eliminar o divisor de águas entre dados SIG e dados gerados através dos projetos de engenharia.
- **Global Mapper:** originalmente desenvolvido pela USGS, hoje, é um software comercializado pela Blue Marble Geographics. Possui, como pontos positivos, a versatilidade de suportar um grande número de formatos geoespaciais.
- **AutoCAD Map 3D:** visa preencher a lacuna entre dados SIG e CAD, inclusive, traz uma boa experiência aos usuários já familiarizados com os produtos Autodesk. Esse software é capaz de renderizar dados espaciais em três dimensões.

4.3 CÓDIGO ABERTO

Os softwares de código aberto, do inglês, *Open Source*, resumidamente, são aqueles em que a licença, em hipótese alguma, pode ser comercializada, além disso, os códigos podem ser modificados pelo usuário. Como ponto negativo, destaca-se o fato de, muitas vezes, esses softwares não possuírem uma estrutura organizada para suporte técnico, entretanto, quando bem aceitos por técnicos especialistas, rapidamente, é desenvolvida uma comunidade com o intuito de estabelecer uma rede de comunicação, a fim de auxiliar o processo de desenvolvimento contínuo do software e realizar uma espécie de suporte técnico, por meio de explicações de dúvidas de outros integrantes da comunidade. Na categoria de softwares desktop de código aberto, destacam-se:

- **QGIS:** atualmente, o QGIS é o principal software desktop de código aberto para projetos SIG, e é perfeitamente comparável a softwares proprietários, como o ArcGIS. Como ponto positivo, destaca-se o fato de existirem muitos profissionais desenvolvendo plug-in com as mais diferentes funcionalidades, tudo feito gratuitamente.
- **gvSIG:** assim como o QGIS, o gvSIG também foi desenvolvido com o intuito de ser uma alternativa aos softwares comerciais. De forma geral, ele é definido como o segundo software desktop de código aberto para atividades SIG. Como pontos fortes, pode-se destacar as funcionalidades da renderização e da visualização em 3D, além da versão mobile para trabalhos em campo. Entretanto, o ponto negativo são as poucas documentações na língua inglesa, o que pode ser impeditivo para o crescimento de uma comunidade a nível global.
- **GRASS GIS:** acrônimo para Geographic Resources Analysis Support System, o Sistema de Apoio à Análise de Recursos Geográficos, inicialmente, foi desenvolvido, pelo exército dos EUA, com o intuito de ser uma ferramenta para o gerenciamento de terras e o planejamento ambiental. Hoje, é utilizado em diversas áreas, muito em função das detalhadas documentações. Logicamente, por possuir código aberto, o GRASS é muito bem referenciado pela comunidade acadêmica. Por fim, vale destacar que as suas funcionalidades podem ser utilizadas via QGIS.
- **SAGA GIS:** acrônimo para System for Automated Geoscientific Analyses, o Sistema para Análises Geocientíficas Automatizadas se tornou uma grande referência por fornecer um conjunto de métodos geocientíficos de rápido crescimento para a comunidade geocientífica. Assim como o GRASS GIS, suas funcionalidades podem ser utilizadas via QGIS.
- **GeoDa:** esse software tem, como principal funcionalidade, a exploração de dados estatísticos, tanto que algumas universidades americanas muito bem cotadas adotaram o GeoDa como software, para ensinar usuários, sem experiência com SIG, a gerarem análises espaciais em muitas áreas, como desenvolvimento econômico, saúde e imobiliário.

4.4 SIG WEB (REMOTO)

Não apenas na área SIG, as aplicações web, de forma geral, têm conquistado muitos usuários. Boa parte dessa afirmação é em função de como os dados são apresentados, de forma intuitiva, limpa e de fácil entendimento, como em *dashboards*. Como vantagens, pode-se destacar que softwares de SIG Web ou On-line podem ser acessados a partir de qualquer dispositivo conectado à internet; os dados desse tipo de plataforma estão, normalmente, hospedados na nuvem; a curva de aprendizado de um software web é menos íngreme; sua implementação e compartilhamento de dados são relativamente facilitados; e seus custos (na maioria das vezes) são muito mais baixos.

QUADRO 12 – CARACTERÍSTICAS SIG DESKTOP X WEB

SIG Desktop	SIG Web
Funcionalidade	
<ul style="list-style-type: none"> Visualizações de dados complexos. Análise e validação de dados em profundidade. Renderização de dados 3D. 	<ul style="list-style-type: none"> Criação de mapas simples. Visualizações de dados geoespaciais. Ferramentas para gerenciamento de ativos e projetos.
Custo	
<ul style="list-style-type: none"> O investimento inicial é significativamente mais caro. Pode ser necessário hardware adicional, aumentando o custo geral. 	<ul style="list-style-type: none"> Custo inicial mais baixo. Pague apenas pelo que você precisa. Sem compra de hardware adicional. Despesa operacional previsível.
Usabilidade	
<ul style="list-style-type: none"> Maior poder de processamento para renderizações e análises complexas. Não requer conexão com a internet. Não depende de servidores externos. 	<ul style="list-style-type: none"> Interface amigável. Pouco ou nenhum treinamento necessário. Depende de conexão com a internet. Atualizações de software contínuas do fornecedor.
Armazenamento e compartilhamento de dados	
<ul style="list-style-type: none"> Todos os dados são armazenados localmente. Dificultado o processo de compartilhamento de dados. Aumento da capacidade de armazenamento pode exigir servidores adicionais. 	<ul style="list-style-type: none"> Espaço de armazenamento pode ser contratado, conforme necessário. Aumento da capacidade de armazenamento pode aumentar o custo da assinatura. Backup e recuperação de dados mais confiáveis.
Segurança	
<ul style="list-style-type: none"> Organização é responsável pela segurança da informação. 	<ul style="list-style-type: none"> O fornecedor é responsável pela segurança da informação.

FONTE: Adaptado de Unearth (2020)

Percebe-se que as aplicações de SIG Web não têm, como objetivo, substituir os softwares desktop, mas complementar as funcionalidades de uma aplicação desktop, uma vez que, até o momento, os softwares on-line não são capazes de geoprocessar dados complexos.

4.5 SERVIDORES DE MAPAS DA WEB

Os softwares de Servidores de Mapas da Web (Web Map Servers) têm, como função, a publicação de dados espaciais na web, podendo ser na forma de Web Map Service (WMS), Web Coverage Service (WCS) e Web Feature Service-Transaction (WFS-T). Como principais exemplos, podem ser citados:

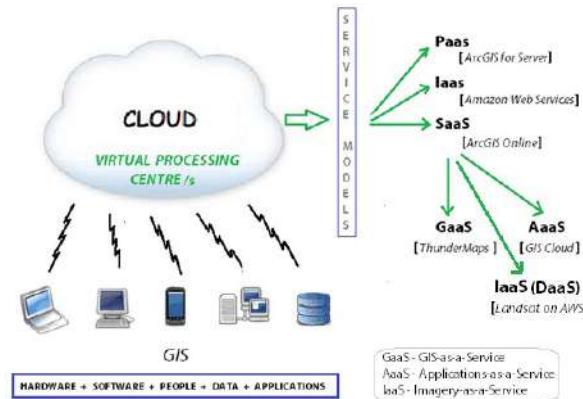
- **ArcGIS Server:** software proprietário desenvolvido pela Esri, foi lançado para substituir o ArcIMS. Seus recursos de mapeamento e SIG podem ser utilizados por meio do ArcGIS On-line e ArcGIS Desktop.
- **QGIS Server:** software de código aberto, desenvolvido em linguagem C++ e com licença GPL (General Public License), foi financiado pela EU Orchestra, Sany e pela cidade de Uster, na Suíça. O QGIS Server, geralmente, é executado como módulo CGI/FastCGI no servidor da Web Apache. A integração entre QGIS Server e Desktop funciona muito bem, tanto que é possível criar serviços de mapa usando as mesmas bibliotecas do QGIS Desktop. Além disso, os mapas e modelos criados na versão desktop podem ser publicados como mapas da web, simplesmente copiando o arquivo de projeto QGIS para o diretório do servidor.
- **GeoServer:** software de código aberto, com licença GPL e que possui, como principal mantenedor, a Open Planning Project. O software é baseado em Java e possui interface web para configuração, roda em todos os sistemas operacionais (diferente do ArcGIS Server) e apresenta bom desempenho.
- **MapServer:** também é um software de código aberto, desenvolvido em C/ C++ e sob licença do tipo MIT. Inicialmente, foi desenvolvido pelo projeto ForNet, da Universidade de Minnesota (EUA), em cooperação com a NASA e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR). Hoje, é hospedado pelo projeto TerraSIP. O MapServer, atualmente, disputa o posto de melhor opção de servidor de mapas com o GeoServer.

4.6 SIG NAS NUVENS E SERVIÇOS DE MAPA

Como já apresentado neste tópico, enquanto, na sua versão mais tradicional, o SIG Desktop é instalado em unidades do próprio computador ou servidor, o SIG Web ou On-line faz uso do ambiente das nuvens (cloud) para visualizar, analisar, editar, adquirir e compartilhar dados.

Segundo Deogawanka (2015), uma característica do ambiente de computação nas nuvens são os três modelos de serviço: Platform-as-a-Service (PaaS); Infrastructure-as-a-Service (IaaS); e Software-as-a-Service (SaaS). O último é subdividido em outros três formatos: GIS-as-a-Service (GaaS), Applications-as-a-Service (AaaS) e Imagery-as-a-Service (IaaS). Conjuntos de dados GIS, prontos para uso, estão disponíveis como Data-as-a-Service (DaaS).

FIGURA 32 – MODELOS DE SERVIÇOS DE SIG NAS NUVENS



FONTE: <<https://i2.wp.com/www.gislounge.com/wp-content/uploads/2015/04/Cloud-GIS-1.png?w=627&ssl=1>>. Acesso em: 23 out. 2020.

O modelo Software-as-a-Service (SaaS), do português Software como Serviço, é baseado na Web e é acessado por meio de um navegador Web, como Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge etc. O acesso ao serviço pode ser realizado de forma privada, pública, híbrida ou comunitária. A seguir, serão apresentados os principais SIG baseados nas nuvens:

- ArcGIS On-line: aplicação proprietária e de desenvolvimento pela Esri, o ArcGIS On-line permite a análise de dados espaciais, criação e compartilhamento de mapas, além de poder fazer a colaboração simultânea com mapas de terceiros.
- Mapbox: a plataforma é baseada em Node.js, Mapnik, GDAL e Leaflet, desenvolvida pela Mapbox. Apesar de oferecer soluções corporativas à empresa, é criadora ou contribuidora de algumas iniciativas de código aberto, como as bibliotecas Leaflet JavaScript e Mapbox GL-JS, a especificação MBTiles etc.
- CARTO: antigamente conhecida por CartoDB, a plataforma é escrita em Ruby e JavaScript e desenvolvida pela CARTO DB Inc. O CARTO possui ferramentas de ciência de dados espaciais e se posiciona como uma plataforma de Location Intelligence. A empresa oferece, aos seus clientes, planos gratuitos para teste, individuais e corporativos.
- OnePlace: plataforma desenvolvida pela Unearth, tem, como pontos fortes, o gerenciamento de dados e o fluxo de trabalho. Por meio da interface simples, usuários não especialistas em SIG podem criar mapas sem complicações.
- MangoMap: plataforma desenvolvida pela Mango, também voltada para o gerenciamento de dados espaciais. Por suportar os principais formatos de arquivos gráficos, possuir boas ferramentas de análise espacial e ter uma menor curva de aprendizado, o MangoMap se torna uma alternativa interessante para clientes menores que utilizam softwares desktop. Atualmente, foi firmada uma parceria com a empresa Blue Marble Geographics, com o intuito de gerar interação e canal de exportação de dados entre o GlobalMapper (desktop) e o MangoMap.
- GIS Cloud: outra plataforma com as funções de gerenciamento, edição e compartilhamento de dados espaciais é GIS Cloud. Possui aptidão para trabalho e coleta de dados em campo.

4.7 WEB MAPPING API

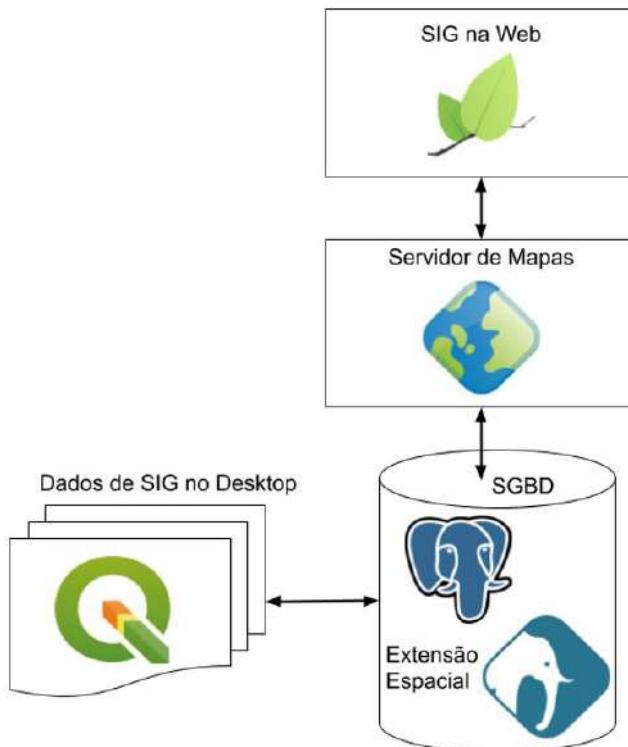
API, do inglês Application Program Interface, pode ser traduzida, ao português, como Interface de Programação de Aplicações. Uma API tem, como função, por meio de um conjunto de instruções e padrões de programação, gerar a integração e a troca de informações entre dois ou mais aplicativos dispostos nas nuvens. Dessa forma, muitas vezes, a API é criada por uma empresa de software que tem o interesse que uma outra empresa desenvolva um produto associado ao seu serviço.

Da mesma forma, funcionam os Web Mapping API, ou seja, por meio deles, é possível gerar a comunicação com serviços de mapas existentes, além de desenvolver uma nova funcionalidade de uma aplicação existente ou um novo aplicativo. Esses processos são facilitados devido ao fornecimento do conjunto de classes e funções pelas APIs, que evitam a reescrita de códigos de baixo nível para executar ações específicas, em outras palavras, fornecendo estruturas prontas e sem a necessidade de precisar começar uma aplicação do “zero”. A seguir, serão listados alguns exemplos de Web Mapping API:

- **Leaflet:** desenvolvido em JavaScript e licenciado sob código aberto chamado de BSD, projetado para ser leve e compatível com dispositivos móveis, é, hoje, tido como uma das opções mais populares. Possui, como pontos positivos, a documentação da API, o que se torna um sinal de boas-vindas aos usuários iniciantes, além da diversidade de Plug-ins disponíveis.
- **OpenLayers:** também desenvolvido em JavaScript e licenciado sob a licença de código aberto BSD, é uma opção mais madura e com muitos recursos para a construção de aplicativos de mapas na Web. Apesar de possuir boa documentação, por vezes, pode não ser tão convidativo aos novos usuários. Por outro lado, possui uma grande comunidade focada na colaboração e no desenvolvimento da API.
- **ArcGIS API for JavaScript:** desenvolvido pela Esri, essa API proprietária foi criada para trabalhar com serviços públicos, principalmente, a partir do ArcGIS On-line e ArcGIS Enterprise. Uma das principais vantagens é o fato de conseguir acessar serviços da web originados do ArcToolbox, que realizam geoprocessamento no servidor.
- **Google Maps API:** como vantagem em relação aos demais concorrentes, está o fato de o ambiente ser conhecido por usuários do mundo todo, ou seja, aplicativos desenvolvidos em cima dos APIs da Google tendem a gerar uma experiência mais agradável, a um primeiro olhar, aos clientes. Atualmente, a Google aposta em um sistema pré-pago, a partir do qual os usuários recebem o valor de U\$200,00 por mês em forma de crédito para usar nos serviços.

Após conhecer, apenas um pouco, das estruturas e softwares que permitem a construção de um SIG na Web, será apresentado um resumo do fluxo geral da estrutura.

FIGURA 33 – FLUXO GERAL DA ESTRUTURA DE SIG NA WEB



FONTE: O autor

No fluxograma, foram utilizadas algumas das soluções de código aberto. Inicialmente, os dados geográficos foram desenvolvidos em um SIG desktop (QGIS) e armazenados em um SGBD objeto-relacional (PostgreSQL) com extensão espacial (PostGIS). Posteriormente, os dados foram introduzidos na web por meio de servidores de mapas (Geoserver). Por fim, os dados puderam ser apresentados na aplicação webmap, desenvolvida a partir de uma Web Mapping API (Leaflet).

LEITURA COMPLEMENTAR

DESENVOLVIMENTO DE UM WEBMAP, ATRAVÉS DE SOFTWARE LIVRE, PARA DISPONIBILIZAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA DO CAMPUS VIÇOSA, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

J. P. A. Matta
M. M. Cunha
P. L. Silva
A. P. Santos

1 INTRODUÇÃO

A capacidade da internet de atingir muitos usuários, independentemente da plataforma, através de custos mínimos e com alta capacidade de atualização, fez com que ela se tornasse uma grande ferramenta para disponibilização de dados cartográficos (KRALL; BROWN, 2001).

Através da web, é possível integrar cartografia e multimídia, permitindo a elaboração e a disponibilização de mapas interativos. Além da visualização, o usuário tem a possibilidade de adequar o mapa disponibilizado às necessidades específicas (MARISCO, 2014).

No entanto, a publicação de dados cartográficos na Web está condicionada a alguns fatores, que são relevantes à funcionalidade e eficiência do aplicativo, e que, de certo modo, limitam o uso. Um fator importante que deve ser levado em conta, por exemplo, é o volume de dados que serão disponibilizados. Este afeta diretamente a velocidade de acesso, reduzindo o interesse dos usuários pelo produto disponibilizado.

A publicação de dados cartográficos na internet ocorre através de aplicações denominadas de WebMaps e WebGIS. Um WebMap é um mapa disponibilizado, através da web, que permite a visualização e a interação entre o usuário e o mapa através de algumas ferramentas disponíveis, como movimentação, zoom, definição das camadas que serão apresentadas, consultas a atributos da base de dados etc. (JOHANSSON *et al.*, 2009).

Já um WebGIS é uma aplicação que permite análise e processamento dos dados cartográficos através das ferramentas de geoprocessamento, além de possuir as ferramentas básicas de interação, disponibilizando um Sistema de Informação Espacial (SIG) na internet (HEDA; CHIKURDE, 2016).

Existem diversos softwares e bibliotecas destinados à produção de WebMaps, sendo alguns proprietários, como o ArcGIS Server e o GeoMedia WebMAP, e outros livres, como o Leaflet, Alov Map, MapServer, GeoServer e

o I3Geo. A utilização dos softwares livres ou de código aberto é vantajosa por vários fatores, principalmente, por serem livres de custos de licenças e terem vasta documentação existente acerca da implementação e funcionamento dos softwares, dando acesso às informações do código-fonte.

Com relação à disponibilização, é sempre aconselhável que haja uma padronização nos produtos cartográficos, a fim de obter uma grande difusão dos dados espaciais. No Brasil, foi instituída, em novembro de 2008, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), através do Decreto Nº 6.666.

A INDE tem, como objetivo, promover o ordenamento na geração, armazenamento, compartilhamento, disseminação e uso dos dados espaciais, além de promover a utilização das normas homologadas pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e evitar duplicidade na obtenção de dados espaciais pelos órgãos públicos (BRASIL, 2008). Para atingir tais objetivos, a INDE definiu especificações técnicas que devem ser seguidas para produção e disponibilização das bases cartográficas.

Assim, este trabalho teve, como objetivo, desenvolver um WebMap, através da biblioteca livre Leaflet, para disponibilizar e facilitar o uso da base cartográfica do campus Viçosa, da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

2 METODOLOGIA

O campus Viçosa, da UFV, está localizado no município de Viçosa, no estado de Minas Gerais, compreendendo uma extensão territorial de aproximadamente, 1600 ha. A base cartográfica desse campus possui classes de objetos referentes ao mapeamento na escala de 1:1000, de acordo com a especificação técnica de estruturação de dados geoespaciais vetoriais, produzida pela DSG, em 2016 (ET-EDGV-DEFESA-F-Ter). A geometria das feições foi obtida por compilação de levantamentos topográficos existentes, e restituição monoscópica, a partir de ortofotos.

Para disponibilizar a base cartográfica na web, utilizou-se o Leaflet. O Leaflet é uma biblioteca open source na linguagem JavaScript desenvolvida para a elaboração e disseminação de mapas interativos na internet (LEAFLET, 2017). Dentre as suas principais características, destacam-se sua eficiência, simplicidade e performance, o que torna essa biblioteca aplicável para plataformas móveis e para desktops. A biblioteca foi projetada com foco no desempenho e usabilidade, assim, seu código-fonte é bem simples e legível.

Os produtos gerados com o auxílio do Leaflet são definidos como WebMaps, pois permitem algum tipo de interação básica com o usuário, como zoom, movimentação, manipulação das camadas visíveis, cálculo de áreas e distâncias etc.

No caso do Leaflet, a criação de um WebMap pode ser alcançada através de três arquivos principais. O primeiro é um arquivo HTML (HyperText Markup Language), a partir do qual são definidas as características básicas, como a camada de fundo, o estilo do mapa e a chamada dos outros dois arquivos principais, que são: a biblioteca Leaflet, em um arquivo JavaScript, e o arquivo de estilos CSS (Cascading Style Sheet), da biblioteca Leaflet.

Dentro do arquivo HTML, cria-se um script na linguagem JavaScript, que utiliza as diversas funções existentes na biblioteca Leaflet, de modo a definir as coordenadas iniciais em que o mapa será centrado, o nível de zoom, as camadas vetoriais a serem apresentadas e os plugins de ferramentas inseridos. Esses plugins aumentam as possibilidades de interação entre os usuários e os dados presentes na base cartográfica.

Para disponibilizar a base cartográfica, deve-se listar as classes de feições no arquivo HTML em formato compatível com o Leaflet, sendo aceito o GeoJSON. Esse é um formato para codificar uma variedade de estruturas de dados geográficos. Um objeto GeoJSON pode representar uma geometria, uma característica ou uma coleção de recursos. O GeoJSON suporta os seguintes tipos de geometria: Point, LineString, Polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon e GeometryCollection (BUTLER *et al.*, 2008).

O software livre QGIS possui um plugin chamado de QGIS2WEB, que permite a criação de um WebMap através da plataforma Leaflet. Esse plugin converte todos os planos de informação do projeto do QGIS em formato GeoJSON e, em seguida, gera uma pasta contendo os arquivos do Leaflet e o arquivo HTML.

Neste trabalho, utilizou-se o plugin do QGIS para a criação do WebMap, a fim de facilitar o desenvolvimento, tornando, mais simples, a transformação dos arquivos vetoriais para o formato GeoJSON e a criação do arquivo HTML. Vale ressaltar que um usuário leigo pode gerar um Webmap, facilmente, com a utilização desse plugin. Entretanto, para uma maior customização da aplicação web, são necessários conhecimentos em HTML, JavaScript e CSS.

3 RESULTADOS

Além da visualização da informação espacial, o WebMap desenvolvido possibilita a consulta aos dados não espaciais, ou seja, aos dados descritivos das feições. Esses dados são importantes, pois caracterizam a geometria, descrevendo aspectos não visuais, mas essenciais à gestão territorial. Por exemplo, através dos dados descritivos, pode-se consultar quais vias ainda não foram asfaltadas ou qual o nome de determinada edificação.

Além das consultas aos atributos das feições, foram inseridos: uma ferramenta, para medição de distâncias e áreas; um plugin, para gerenciamento das camadas ativas e inativas; e uma escala gráfica.

4 CONCLUSÕES

Como resultado deste trabalho, tem-se uma aplicação web que disponibiliza informações espaciais da região de estudo e apoia as tomadas de decisão referentes ao planejamento e à administração do território.

O produto gerado possui interface amigável e não necessita de software para possibilitar o acesso aos dados espaciais, pois é disponibilizado na internet, o que proporciona mais facilidade e agilidade na disponibilização e acesso aos produtos cartográficos. O alcance dessas informações é potencializado pela adequação aos padrões da INDE.

Essas normas garantem a interoperabilidade dos dados entre diferentes órgãos produtores de dados cartográficos. Isso faz com que esse material cartográfico possa ser utilizado por vários órgãos e usuários, evitando esforços e gastos duplicados, otimizando o processo de representação da área de interesse e cumprindo com a finalidade de planejamento e/ou obtenção de informação através dos dados espaciais.

Vale destacar a facilidade de obtenção desses resultados utilizando o software livre. O Leaflet depende apenas da sua biblioteca desenvolvida em JavaScript, dessa forma, para o desenvolvimento de aplicações WebMaps, é necessária, somente, a manipulação do arquivo HTML, exigindo o conhecimento de linguagens JavaScript e CSS, não necessitando de um servidor de mapas, como é o caso do software i3Geo, que utiliza o MapServer.

Além do quesito econômico, esse tipo de software conta com a vantagem de ser estudado e aperfeiçoado por uma comunidade ativa de colaboradores, o que gera o aumento das possibilidades funcionais e da personalização dos aplicativos.

Como sugestões para trabalhos futuros, existe a possibilidade da utilização de outros softwares livres mais robustos, que permitam a disponibilização de informações espaciais na internet. O intuito é o de desenvolver uma ferramenta WebGIS que, além da visualização e interação, alcançadas por um WebMap, possibilite a utilização de ferramentas de geoprocessamento para análise e extração de informação dos dados espaciais através da internet.

FONTE: MATTA, J. P. A.; CUNHA, M. M.; SILVA, P. L.; SANTOS, A. P. Desenvolvimento de um WebMap, através de software livre, para disponibilização da base cartográfica do campus Viçosa, da Universidade Federal de Viçosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27, 2017, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: SBC, 2017. Disponível em: http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/6/fullpaper/CT06-21_1506688409.pdf. Acesso em: 19 jun. 2020.



A leitura complementar foi compactada, consulte a versão original para mais detalhes acessando: http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/6/fullpaper/CT06-21_1506688409.pdf.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Um dado espacial, independentemente se vetorial ou matricial, pode ser armazenado em um banco de dados geográfico.
- Existem muitas diferenças entre a estrutura de armazenamento de dados por meio de um Shapefile e Geodatabase.
- O GeoPackage, além de ser livre e possuir arquivo no padrão OGC, é uma alternativa viável para armazenamento de dados, e vem se popularizando nos últimos anos.
- Os SGBD em softwares SIG, atualmente, são do tipo objeto-relacional.
- Apesar de cada vez menos popular, o SIG desktop não tende a ser substituído (pelo menos em curto tempo) pelo SIG na web, uma vez que, nessa versão, são processados dados maiores e mais complexos.
- Existe, atualmente, uma série de softwares dos tipos desktop e web, assim como de código aberto e comerciais, como QGIS, ArcGIS, GeoServer, Leaflet, Open Layers etc.
- O SIG, na web, atualmente, possui uma série de vantagens acerca do desktop, principalmente, quanto ao custo da implantação e à curva do aprendizado dos usuários.



Ficou alguma dúvida? Construímos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.



AUTOATIVIDADE



1 Os softwares SIG desktops possuem um grande legado de desenvolvimento em relação aos web. Além disso, são mais robustos em termos de funcionalidades. A respeito dos SIG desktops, leia, com atenção, as afirmativas:

- I- Softwares de SIG desktops possuem algumas vantagens em relação ao SIG web, como não necessitar de internet, sendo capazes de realizar análises espaciais mais complexas.
- II- Os softwares proprietários ou comerciais são aqueles que têm uso legal atrelado à aquisição de uma licença. São alguns exemplos: ArcGIS Pro, MapInfo Pro, gvSIG e Global Mapper.
- III- Os softwares de código aberto podem ser utilizados sem custos. São exemplos de SIG desktops, nessa situação, QGIS, gvSIG e GeoDa.
- IV- Algumas desvantagens dos softwares SIG desktops em relação ao SIG web: dados armazenados em uma unidade local, logo, sendo mais difícil o compartilhamento, além da operação.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
 - b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
 - c) () Apenas a alternativa III está correta.
 - d) () Apenas as alternativas III e IV estão corretas.
 - e) () Apenas as alternativas I, III e IV estão corretas.
- 2 Apesar de, muitas vezes, não ser a melhor opção de uso em projetos SIG, o Shapefile (SHP) é o formato de dados vetoriais mais popular em um SIG. Por outro lado, o File Geodatabase (FGDB), apesar de muito eficiente, tem uso mais restrito a alguns softwares. Acerca da comparação entre Shapefile (SHP) e File Geodatabase (FGDB), assinale a alternativa CORRETA:
- a) () Um dado ocupa menos espaço de armazenamento em um SHP do que em um FGDB.
 - b) () Através de um FGDB, é possível gerar análise topológica.
 - c) () Um SHP, diferentemente de um FGDB, suporta dados matriciais.
 - d) () Um SHP suporta nomes com mais de dez caracteres na tabela de atributo.
 - e) () Um SHP é compatível com menos softwares do que o FGDB.
- 3 Na estrutura de dados matricial, de varredura ou raster, a representação de um objeto do mundo real é realizada por uma matriz bidimensional quadrática composta por linhas (i) x colunas (j). Sabendo que essa estrutura de dados possui características diferentes da estrutura vetorial, destaque as principais vantagens em relação à estrutura vetorial.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, K. M. N. **Armazenamento e manipulação de dados geoespaciais no android.** Retec, Rondonópolis, v. 6, n. 1, 10p. 2015. Disponível em: <http://retec.eti.br/retec/index.php/retec/article/view/51>. Acesso em: 26 jun. 2020.

BARBOSA, I. **UD1 conceitos básicos.** Rio de Janeiro: IME, 2019. Disponível em: <http://aquarius.ime.eb.br/~ivanildo/sig/UD1.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BOGOSSIAN, C. H. **Uma arquitetura híbrida para aplicações geográficas em dispositivos móveis.** São José dos Campos: INPE, 2014. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:trabalho-final-claudio-bogossian-v2-incompleto.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

BONFIOLI, G. F. **Banco de dados relacional e objeto-relacional: uma comparação usando PostgreSQL.** 2006. 62f. Monografia (Bacharelado em Ciências da computação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/8354/1/MONOGRAFIA_Banco_de_dados_relacional_e_objeto_relacional_uma_compara%C3%A7%C3%A3o_usando_postgresql.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems.** England: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponivel em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponivel em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais:** uma visão geral. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponivel em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DEOGAWANKA, S. **Learn about GIS in the cloud. Gis Lounge**, Santa Clara, CA, 9 abr. 2015. Disponível em: <https://www.gislounge.com/learn-about-gis-in-the-cloud/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

DISCOVER SPATIAL. How similar and diferente are Shapefile and Geodatabase? Discover Spatial: GIS Knowledge Plataform, [S. l.], 18 dez. 2018. Disponível em: <http://discoverspatial.in/how-similar-and-different-are-shapefile-and-geodatabase/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

ESRI. **About GIS: components of a GIS. Rst2.org**, [S. l.], 7 jul. 1998. Disponível em: https://www.rst2.org/ties/GENTOOLS/comp_gis.html. Acesso em: 14 jun. 2020.

FELGUEIRAS, C. A.; CÂMARA, G. Modelagem numérica de terreno. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

FERREIRA, K. R. **Sistemas de informação geográfica e banco de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2010. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Aulas/aula_SIGAndBDGeo.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

FRANCISCO, C. N. **Conceitos de geoprocessamento**. 2. ed. Niterói: UFF, 2014. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/blog/download/id/38/post/410/midia/9901>. Acesso em: 18 jun. 2020.

FREIBERGER JUNIOR, J. **Análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002.

HUISMAN, O.; DE BY, R. de. **Principles of geographic information systems: an introductory textbook**. Enshede, NE: ITC, 2009. Disponível em: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/PrinciplesGIS.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **O novo modelo de ondulação geoidal do Brasil MAPGEO2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_de_ondulacao_geoidal/cartograma/rel_mapgeo2015.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

IBM. **Sistemas de coordenadas geográficas**. IBM Knowledge Center, [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/pt-br/SSEPGG_11.1.0/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/csb3022a.html#csb3022a_graticule. Acesso em: 14 jun. 2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Spring:** tutorial de geoprocessamento: classificação de imagens. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 26 jun. 2020.

LISBOA FILHO, J. L.; IOCHPE, C. **Introdução a sistemas de informações geográficas com ênfase em banco de dados.** Viçosa: UFV, 1996. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MARINO, T. **Representação de dados espaciais – raster x vetor x TIN.** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2012. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/lga/tiagomarino/aulas/5%20-%20Representacao%20de%20Dados%20Espaciais%20-%20Raster%20x%20Vetor%20x%20TIN.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MUNNIK, R.; SOLOMONS, R. **Evolution of esri data formats.** Cape Town: ESRI South Africa, 2012. Disponível em: <https://www.slideshare.net/EsriSouthAfrica/evolution-of-esri-data-formats-seminar>. Acesso em: 18 jun. 2020.

NAZARENO, N. R. X. **SIG arqueologia:** aplicação em pesquisa arqueológica. 2005. 124f. Tese (Doutorado em Arqueologia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-22082006-144612/publico/Tese_NRXNazareno.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

SINGH, S. **Confused between DEM, DTM and DSM. GIS Resources,** [S. l.], 26 set. 2013. Disponível em: <http://www.gisresources.com/confused-dem-dtm-dsm/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

UNEARTH. **Online GIS software comparison.** Unearth, Seattle, c2020. Disponível em: <https://unearthlabs.com/online-gis/#software-comparison>. Acesso em: 18 jun. 2020.

INDE, PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO E FERRAMENTAS DE SOFTWARE SIG

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:

- compreender a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), além das especificações técnicas e perfil MGB;
- entender as etapas para a produção da geoinformação: aquisição, processamento, gerenciamento, análise de dados e elaboração de produtos;
- conhecer algumas ferramentas utilizadas em um software SIG, no caso, o QGIS 3;
- visualizar as formas de automatização dos processos nos softwares SIGs.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade, você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A INDE

TÓPICO 2 – ETAPAS DA PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO

TÓPICO 3 – ALGUMAS FERRAMENTAS SIGS



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.

NORMAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A INDE

1 INTRODUÇÃO

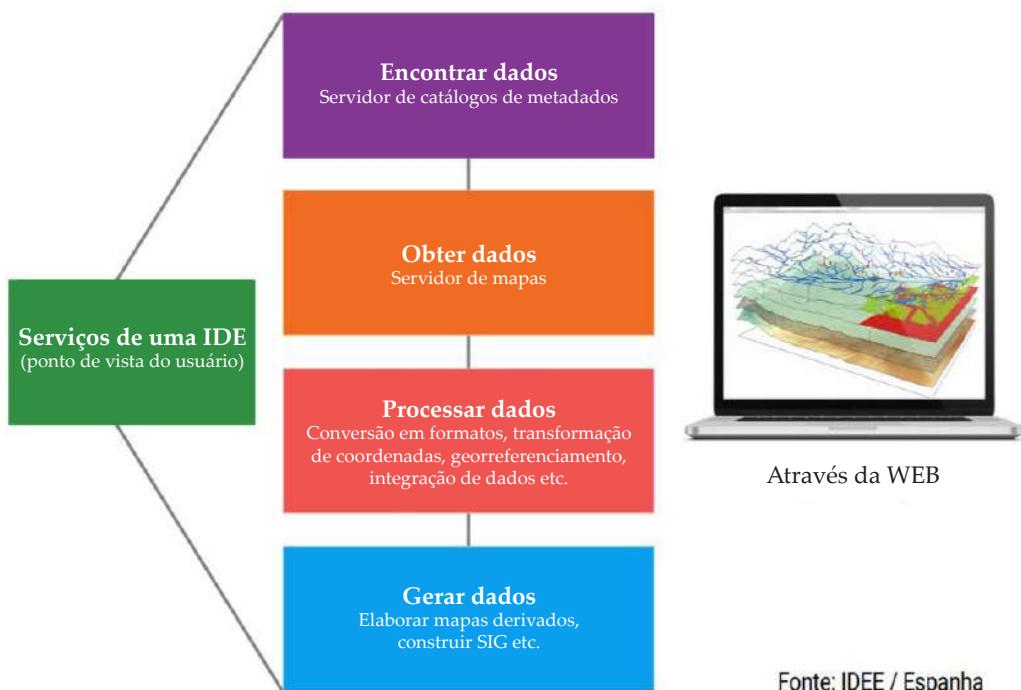
Após o aprendizado dos vários temas relacionados ao geoprocessamento, neste tópico, conheceremos, apenas um pouco, a respeito da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG), Especificação para Representação de Dados Geoespaciais (ET-RDG), Especificação Técnica para Controle de Qualidade dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) e o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB).

Tais temas são muito importantes para a boa formação do profissional de geoprocessamento. Dessa forma, será possível executar atividades técnicas de forma padronizada, além de seguir as normas e as especificações técnicas da infraestrutura de dados espaciais brasileira e entender como os dados são construídos, disponibilizados etc.

2 INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS

Nas últimas décadas, identificada como uma importante forma de governança de dados espaciais, muitos países têm construído a Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). Esta pode ser conceituada como um conjunto de políticas, padrões e procedimentos sob o qual organizações e tecnologias interagem para promover o uso, a administração e a produção mais eficientes de dados geoespaciais. A partir de uma IDE, serão regidas as normas para encontrar, obter, processar e gerar dados.

FIGURA 1 – UTILIZAÇÃO DE UMA IDE



Fonte: IDEE / Espanha

FONTE: IBGE (2020, p. 36)

Partindo do conceito de IDE, das serventias apresentadas e do crescente volume de produção dos dados geográficos, a definição e a estruturação da IDE são necessárias para qualquer país que deseja fazer uma gestão eficiente dos dados geoespaciais. Dessa forma, por meio do Decreto nº 6.666/2008, foi legalmente instituída a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE):

Conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento, padrões e acordos. É necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital ou municipal (BRASIL, 2008).

A criação da INDE, pelo governo brasileiro, foi muito benéfica, visto que, por meio dela, foi facilitado o processo de integração de dados de instituições do governo. A proposta é que, em um único local, um usuário consumidor de informações espaciais possa fazer a aquisição dos dados geográficos (padronizados), além de ter acesso ao metadado. Os principais objetivos da INDE são:

- Promover o adequado ordenamento na geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, disseminação e uso dos dados geoespaciais.
- Promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais, pelos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal, dos padrões e normas homologados pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR.

- Evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de dados geoespaciais, por meio da divulgação da documentação (metadados) dos dados disponíveis nas entidades e nos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal.

Como legado da implantação da INDE no Brasil, há o desenvolvimento do Catálogo de Metadados (GeoNetwork), Catálogo de Geoserviços (GeoServer), Sistema de Carga de Dados, Portal da INDE e Visualizador da INDE. Por meio do exposto a seguir, será possível acessar cada um dos sistemas:

QUADRO 1 – SISTEMAS VINCULADOS

Sistema	Objetivo/Endereço
Catálogo de Metadados (GeoNetwork)	Catalogar metadados dos dados geoespaciais. O GeoNetwork foi customizado para atender às necessidades brasileiras. http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/main.home
Catálogo de GeoServiços (GeoServer)	Catalogar geoserviços, seguindo os padrões do Open Geospatial Consortium (OGC), como os Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) e Web Coverage Service WCS estão catalogados. https://www.inde.gov.br/CatalogoGeoservicos
Sistema de Carga de Dados	Realizar a entrada de dados para o sistema. https://inde.gov.br/shpinde
Portal da INDE	Apresentar todas as informações a respeito da INDE. https://www.inde.gov.br/
Visualizador da INDE	Oferecer instrumentos que permitam visualizar as informações presentes nos catálogos de metadados e geoserviços das organizações participantes do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG). https://visualizador.inde.gov.br/

FONTE: O autor

Dessa forma, a partir dos legados deixados pela ideia da INDE, assim como pelos sistemas desenvolvidos para atendê-la, podemos entender o quanto importante é a adoção de uma IDE para uma nação.

3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS NACIONAIS DOS DADOS ESPACIAIS

Como já discutimos, a demanda por dados geoespaciais é muito grande, e, para que a estruturação, aquisição e controle da qualidade dos dados sejam feitos de forma correta e eficiente, e, principalmente, atendendo à INDE, é exigido o desenvolvimento de normas, padrões e especificações. Dessa maneira, serão discutidos alguns que possuem relevância sobre os dados espaciais.

3.1 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS

A Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), que está, atualmente, na versão 3.0, é um documento elaborado com o principal objetivo de especificar a padronização da estruturação dos dados geoespaciais vetoriais oficiais para atendimento das bases cartográficas com escalas de 1:1.000 e menores.

A ET-EDGV possui uma documentação muito bem elaborada, logo, é essencial que o profissional técnico que atue com a estruturação de dados geográficos tenha conhecimento a respeito do tema. O conteúdo é disposto da seguinte forma:

QUADRO 2 – CONTÉUDO DA ET-EDGV

Capítulo/Anexo	Conteúdo
I	Informações gerais.
II	Modelo conceitual.
III	Identificação das classes de objetos a serem adquiridas no MapTopoPE e no MapTopoGE, em função da escala.
IV	Perspectivas, recomendações e conclusões.
V	Créditos e referências.
Anexo A	Diagramas de classes e relações de classes de objetos do mapeamento topográfico em pequenas e grandes escalas.
Anexo B	Listas de domínios das classes de objetos do mapeamento topográfico em pequenas e grandes escalas.

ET-EDGV 3.0: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-EDGV-3_0_210518.pdf
 Anexos: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ANEXOS_ET_EDGV_3.0_210518.pdf

FONTE: Adaptado de CONCAR (2017)

É importante observar que o anexo A da ET-EDGV é responsável por categorizar, por temas, as informações do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (MapTopoGE) e do Mapeamento Topográfico em Pequenas Escalas (MapTopoPE). A seção 1 representa as categorias do MapTopoGE, e é dividida em quatorze subseções:

- Energia e Comunicações.
- 1.2 Estrutura Econômica.
- 1.3 Hidrografia.
- 1.4 Limites e Localidades.
- 1.5 Pontos de Referência.
- 1.6 Relevo.
- 1.7 Saneamento Básico.

- 1.8 Sistema de Transporte.
- 1.9 Sistema de Transporte/Subsistema Aeroportuário.
- 1.10 Sistema de Transporte/Subsistema Dutos.
- 1.11 Sistema de Transporte/Subsistema Ferroviário.
- 1.12 Sistema de Transporte/Subsistema Hidroviário.
- 1.13 Sistema de Transporte/Subsistema Rodoviário.
- 1.14 Vegetação.

Já o MapTopoPE tem as categorias representadas na seção 2 do anexo A. Essa seção é dividida em cinco subseções:

- 2.1 Área Verde.
- 2.2 Classes-Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas.
- 2.3 Classes-Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas/Cultura e Lazer.
- 2.4 Edificações.
- 2.5 Classes-Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas/Estrutura de Mobilidade Urbana.

Com o intuito de entender, na prática, a estruturação de um dado geoespacial por meio da ET-EDGV, será apresentada a estruturação da camada geográfica de massa d'água.

Dessa forma, há o seguinte entendimento: no campo classe, é determinado que o nome da camada seja “Massa_Dagua”; em descrição, é feita uma breve descrição para o melhor entendimento da camada; em código, é determinado que essa camada está vinculada ao código 1.3.12; a primitiva geométrica da camada deve ser de área (polígono); nos atributos, são estipulados os campos da camada, assim como em tipo (tamanho) o tipo de campo e a extensão; por fim, o domínio deve ser preenchido livremente ou deve respeitar as seções indicadas. Por exemplo, os campos “salgada” e “artificial” são do tipo auxiliar e devem ser preenchidos conforme a seção 3.4 do Anexo B, cujos valores são desconhecidos, sim ou não.

QUADRO 3 – CAMADA DE MASSA D'ÁGUA

Classe	Descrição		Código	Geometria
Massa_Dagua	Massa d'água é um corpo d'água representado por polígono, tais como oceano, bacias, rios, enseadas, meandros abandonados, lagos, lagoas, lagunas e as represas/áquedos.		1.3.12	□
Atributo	Tipo (tamanho)	Descrição	Domínio	Requisito
nome	Alfanumérico (80)	Indica o nome completo da instância.	A ser preenchido	0..1
geometriaAproximada	Booleano	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	-	1
tipoMassaDagua	Tipo_Massa_Dagua	Indica o tipo da massa d'água.	Seção 3.113	1
regime	Regime	Indica o regime da ocorrência da água, para a massa d'água.	Seção 3.47	1
salgada	Auxiliar	Indica se a água possui salinidade igual ou superior a 30%.	Seção 3.4	1
dominialdade	Jurisdicao	Indica a jurisdição do curso d'água.	Seção 3.29	0..1
artificial	Auxiliar	Indica se a massa d'água é artificial ou não.	Seção 3.4	1
possuiTrechoDrenagem	Booleano	Indica se a Massa D'água possui fluxo corrente.	-	1

FONTE: Adaptado da Concar (2017)

Ao analisar essas informações, é possível entender as importâncias da estruturação e da padronização dos dados geoespaciais. Tem-se ciência de que os desafios para a completa implementação da INDE são muitos, mas de igual proporção são os benefícios trazidos.

3.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS

A Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), que está, atualmente, na versão 3.0, foi desenvolvida pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro. Esse documento tem, como principal objetivo, fornecer uma forma padronizada para construir o atributo “geometria” de cada classe de objetos constante da EDGV 3.0.

Secundariamente, conforme descrito no próprio documento da ET-ADGV, são seus objetivos: “Estabelecer definições relativas à aquisição de feições vetoriais das classes descritas na EDGV 3.0; descrever as regras de cobertura do solo segundo a EDGV 3.0; apresentar os parâmetros para aquisição dos vetores e as regras de montagem dos objetos complexos” (BRASIL, 2018, p. 14).

Em conformidade com a ET-EDGV, a documentação da ET-ADGV está estruturada em três capítulos e dois anexos:

QUADRO 4 – CONTÉUDO DA ET-ADGV

Capítulo/Anexo	Conteúdo
I	Informações gerais.
II	Critérios gerais para aquisição das feições.
III	Aquisição dos atributos das feições.
Anexo A	Critérios para aquisição dos objetos com geometria.
Anexo B	Critérios para aquisição dos objetos complexos.
ET-ADGV 3.0: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-ADGV_3.0_211218.pdf	

FONTE: Adaptado de Brasil (2018)

Na seção 2.2 da ET-ADGV, são apresentados os critérios para aquisição de feições, conforme cada escala prevista na ET-EDGV 3.0.

Essa informação é, ainda, detalhada a partir da Tabela 1 (do mesmo documento), na qual são determinadas as dimensões mínimas de um objeto, conforme a escala prevista para cada tipo de geometria (ponto, linha ou área).

A tabela é estruturada da seguinte forma, conforme o EDGV:

- Código: código da classe.
- Classe: nome da classe.
- Escalas: escalas previstas para aquisição da classe. O valor se refere ao milhar do denominador da escala.
- Geometrias (A, L, P): formas geométricas para aquisição do objeto, podendo ser em área (polígono), linha e ponto.

Dessa forma, será possível retratar os critérios para a aquisição de dados, conforme escala e dimensões do objeto de poucos códigos. Por exemplo, a aquisição da classe “Central_Geradora_Eolica”, em escala de 1:25.000, deve ser feita por meio da primitiva geométrica de pontos.

QUADRO 5 – AQUISIÇÃO DE OBJETOS SEGUNDO A ESCALA

Código	Classe	Escalas	A	L	P
			$s \geq (\text{mm}^2)$	$D \geq (\text{mm})$	
1.1.1	Aerogerador	1-50	-	-	X
1.1.2	Antena_Comunic	1-25	-	-	X
1.1.3	Casa_De_Forca	1-25	-	-	X
1.1.4	Central_Geradora_Eolica	1-25	-	-	X
1.1.7	Est_Gerad_Energia_Eletrica	todas	12,5	-	X

FONTE: Adaptado de Brasil (2018)

O anexo A da ET-ADGV, segundo o DSG (2018, p. 33), “é normativo, e tem, por finalidade, apresentar as classes cuja primitiva geométrica seja ponto, linha ou área, e seus relacionamentos espaciais, além de expor situações práticas de forma ilustrada”.

Logo, de maneira didática, são apresentadas as informações textuais e gráficas de cada um dos códigos, o que auxilia muito no entendimento do processo de aquisição dos dados vetoriais.

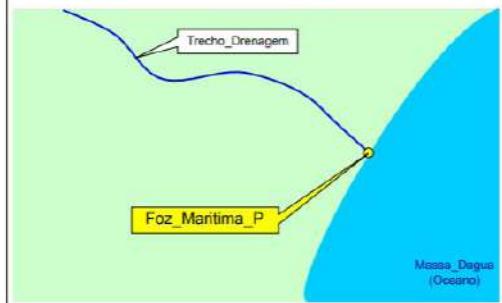
Com o intuito de entender, na prática, a aquisição de um Dado Geoespacial por meio da ET-ADGV, serão apresentadas as regras para a aquisição da camada geográfica de Foz Marítima.

Observa-se que a classe é identificada por “Foz_Marítima” e código 1.3.10, podendo ser representada pelas primitivas geométricas de ponto e linha para dimensões maiores que 0,8 mm, conforme a tabela 1 da ET-ADGV (Aquisição de Objetos segundo a Escala).

No campo método, além de uma breve descrição da classe, são definidas as regras de aquisição. Resumidamente falando, a primitiva geométrica de linha pode ser utilizada quando a foz marítima está sob uma massa d'água que é representada pela primitiva geométrica de área.

Entretanto, quando a foz marítima é representada sob um trecho de drenagem (primitiva geométrica de linha), deve ser representada em forma de ponto.

FIGURA 2 – CRITÉRIOS PARA AQUISIÇÃO DA FOZ MARÍTIMA

Classe	Código	Geometria
Foz_Maritima	1.3.10	★ –
Método	Ilustração	
Ponto mais baixo no limite de um sistema de drenagem (desembocadura), onde o curso d'água descarrega suas águas no oceano, em uma baía ou enseada.	 	
Regras:		
1) Primitiva geométrica do tipo linha: ocorre quando limitada entre um objeto da classe Massa_Dagua (tipoMassaDagua = "Rio") ou um Canal e um objeto da classe Massa_Dagua (tipoMassaDagua = "Oceano" ou "Baía" ou "Enseada");		
2) Primitiva geométrica do tipo ponto: gerado na conexão de um objeto da classe Trecho_Drenagem (sem Massa_Dagua) com um objeto da classe Massa_Dagua (tipoMassaDagua = "Oceano" ou "Baía" ou "Enseada");		
Atributos obrigatórios: geometriaAproximada = V F.		

FONTE: Brasil (2018, P. 50)

Assim como exemplificado para a classe “Foz Marítima”, o anexo A da ET-ADGV, de forma didática, descreve os critérios para a aquisição de objetos com geometria de diversos outros temas, contribuindo para a padronização dos dados geográficos vetoriais.

3.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA PRODUTOS DE CONJUNTOS DE DADOS GEOESPACIAIS

A Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-PCDG), que está, atualmente, na segunda edição, é um documento elaborado com o principal objetivo de definir os padrões para os produtos de conjuntos de dados geoespaciais, sejam eles vetoriais e/ou matriciais. A ET-PCDG possui uma documentação muito densa, sendo dividida em seis capítulos, glossário e dois anexos.

[...] Os Capítulos de I a VIII da presente norma tratam dos produtos, enquanto as informações de caráter geral são apresentadas no Capítulo IX e Glossários I e II. No Anexo A, são descritos os perfis de metadados para cada produto, e, no Anexo B, são apresentadas as folhas-modelos para a geração de produtos com previsão de distribuição no formato digital ou analógico (BRASIL, 2016a, p. 18).

Dessa forma, o ET-PCDG está organizado da seguinte forma:

QUADRO 6 – CONTÉUDO DA ET-PCDG

Capítulo/Anexo	Conteúdo
I	Introdução.
II	Conjunto de Dados Geoespaciais Vetoriais de Referência do Mapeamento Sistemático Topográfico em pequenas escalas do SCN.
III	Conjunto de Dados Geoespaciais Vetoriais de Referência do Mapeamento Sistemático Topográfico em Grandes Escalas do SCN.
IV	Cartas Gerais do Mapeamento Sistemático Topográfico em Pequenas Escalas do SCN do Tipo Carta Topográfica.
V	Cartas Gerais Subsidiárias e Acessórios do SCN do Tipo Carta Ortoimagem em Pequenas Escalas.
VI	Conjunto de Dados Geoespaciais Subsidiários e Acessórios do SCN do Tipo Modelo Digital de Elevação.
VII	Conjunto de Dados Geoespaciais Subsidiários e Acessórios do SCN do Tipo Ortoimagem.
VIII	Cartas Gerais do Mapeamento Sistemático Topográfico em Grandes Escalas do SCN do Tipo Carta Topográfica.
IX	Cartas Gerais Subsidiárias e Acessórios do SCN do Tipo Carta Ortoimagem em Grandes Escalas.
X	Instituições e Organizações Colaboradoras na Elaboração desta Norma. Glossário – Parte I - Abreviaturas e siglas utilizadas. Glossário – Parte II - Termos e definições empregadas.
Anexo A	Orientação para o preenchimento de metadados para cada tipo de produto dos PCDG de referência.
Anexo B	Folhas-Modelos de Produtos do Tipo Carta para cada tipo de produto.
ET-PCDG 2º edição: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_PCDG_2016_2aEdicao_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf	

FONTE: Adaptado de Brasil (2016a)

3.4 ESPECIFICAÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DOS DADOS GEOESPACIAIS

A Especificação Técnica para Representação dos Dados Geoespaciais (ET-RDG) está, atualmente, em fase de elaboração, entretanto, até que seja concluída, a representação gráfica de dados geográficos deve ser apoiada no manual técnico T34-700 (Convenções cartográficas), no qual estão definidos os símbolos do mapeamento sistemático.

É importante salientar que esse manual está dividido em duas partes, sendo, o primeira, desenvolvida em 1998, cujo título é “Normas para o Emprego dos Símbolos”, e, a segunda, em 2000, com o título “Catálogo de Símbolos”.

A primeira parte do manual técnico T34-700 está dividida em dez capítulos. O capítulo de introdução é o responsável pela definição de convenções cartográficas, legendas cartográficas e folha-modelo. Os demais capítulos tratam das normas relativas à representação cartográfica de cada classe, pertencentes aos grupos sistema de transporte, infraestrutura, edificações, limites, pontos de referência, hidrografia, localidades, altimetria e vegetação.

QUADRO 7 – CONTÉUDO DO MANUAL TÉCNICO T34-700 – PARTE I

Capítulo	Conteúdo
1	Introdução
2	Sistema de Transporte
3	Infraestrutura
4	Edificações
5	Limites
6	Pontos de Referência
7	Hidrografia
8	Localidades
9	Altimetria
10	Vegetação
T34-700 (Parte I): http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/T_34700_P1.pdf	

FONTE: Adaptado de Brasil (1998)

A segunda parte do manual técnico T34-700 tem o conteúdo totalmente compatível com a primeira parte, logo, a estruturação do conteúdo do manual é quase idêntica, contendo apenas algumas alterações na ordem dos temas apresentados.

Então, podemos resumir que a primeira parte do manual é responsável por conceituar as classes temáticas, inclusive, por vezes, utilizando recursos gráficos. A segunda parte, construída em forma de catálogo, tem a função de “especificar as características dos sinais convencionais para o emprego nas cartas topográficas e similares, nas escalas de 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, além dos tipos e tamanhos de letras a serem usadas na nomenclatura” (BRASIL, 2018b, p. 2).

Com o intuito de entender, na prática, a representação de um dado geoespacial por meio da T34-700, será apresentada a classificação de rodovias. Primeiramente, deve ser informado que as classificações, definições e códigos de representação de rodovias podem ser encontrados no artigo II do capítulo 2 (Sistema de Transporte) da primeira parte do T34-700.

Para o manual em discussão, a classificação das rodovias foi desenvolvida em relação à possibilidade de tráfego, ao número de faixas e ao tipo de revestimento: trilha e picada, caminho carroçável, rodovia de tráfego periódico, rodovia não pavimentada, rodovia pavimentada e autoestrada.

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DE UMA AUTOESTRADA E SIMBOLOGIA



FONTE: Adaptada de Brasil (1998)

Dessa forma, em posse do código de cada uma das rodovias a serem representadas, basta consultar a segunda parte do manual (Catálogo de Símbolos), que para esse caso se inicie no número 100. Ao encontrar os códigos em questão, basta utilizá-los no produto cartográfico, conforme a representação final indicada.

QUADRO 8 – PARTE DO CATÁLOGO DO SISTEMA DE TRANSPORTE

Nº	SISTEMA DE TRANSPORTE	AQUISIÇÃO DE DADOS		REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA	Símbolo	Especificações	T 34.700 (1ª PARTE)
		Símbolo	Especificações				REPRESENTAÇÃO FINAL
100	Trilha ou picada	SSNR - 1,50 mm	— — — — —	Linha	— — — — —	0,13 - 	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 3 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS a, c, d, e, g, i
101	Caminho carroçável	SSNR - 1,50 mm	— — — — —	Linha	— — — — —	0,20 - 	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 3 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS a, c, d, e, f, g, i, l, n, o, q
102	Rodovia de tráfego periódico	SSNR - 1,50 mm	— — — — —	Linha	— — — — —	0,13 - 	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 3 - ITEM 3 - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS b, c, d, i, l, n, o, p
103	Rodovia não pavimentada	SSNR - 1,50 mm	2 FAIXAS	Linha	2 FAIXAS	— — — — —	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRAS a, b - PARÁGRAFO 2 - 3 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS b, c, d, h, i, l, n, o, p
104	Rodovia pavimentada	SSNR - 1,50 mm	3 FAIXAS	Linha	3 FAIXAS	— — — — —	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRAS a, b - PARÁGRAFO 2 - 3 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS b, c, d, h, i, l, n, o, p
105	Auto-estrada	SSNR - 1,50 mm	4 FAIXAS	Linha	4 FAIXAS	0,13 - 	CAPÍTULO 2 - PARÁGRAFO 2 - 2 - LETRA b - PARÁGRAFO 2 - 3 - LETRA a - PARÁGRAFO 2 - 4 - LETRAS b, c, d, h, i, l, n, o, p

FONTE: Adaptado de Brasil (1998)

Como é possível observar, o Catálogo de Símbolos do Manual Técnico de Convenções Cartográficas (T34-700) é bem completo, e a utilização é relativamente simples. Reforçando que, para enquadrar os dados geográficos nas classes corretas, deve-se fazer uso da primeira parte do T34-700



Para visualizar o *Catálogo de Símbolos do Manual Técnico T34-700*, acesse:

http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/T_34700_P2.pdf.

3.5 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DOS PRODUTOS DE CONJUNTOS DE DADOS GEOESPACIAIS

A Especificação Técnica para Controle de Qualidade dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), que está, atualmente, na primeira edição, foi desenvolvida pelo Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do Exército Brasileiro. Esse documento tem, como principal objetivo, estabelecer um padrão de avaliação da qualidade dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais pertencentes ao Sistema Cartográfico Nacional (SCN) brasileiro. Secundariamente, conforme descrito no próprio documento da ET-CQDG, são objetivos:

Estabelecer definições relativas à avaliação da qualidade de produtos geoespaciais; descrever as medidas usadas para avaliar a qualidade; descrever os procedimentos de avaliação; definir como deve ser reportada a qualidade; e apresentar os parâmetros de conformidade para os produtos de referência no Brasil (BRASIL, 2016a, p. 14).

Após o entendimento do objetivo principal e dos secundários, a ET-CQDG está organizada em cinco capítulos e mais dois anexos.

QUADRO 9 – CONTÉUDO DA ET-CQDG

Capítulo/Anexo	Conteúdo
I	Informações gerais.
II	Visão Geral da Avaliação da Qualidade.
III	Medidas de Qualidade dos Dados.
IV	Avaliação da Qualidade dos Produtos.
V	Relatório de Qualidade.
Anexo A	Tabelas para Amostragem.
Anexo B	Exemplos.

ET-CQDG: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf

FONTE: Adaptado de Brasil (2016a)

Como apresentado, o primeiro capítulo traz as informações gerais, como objetivos, referências normativas e organização da especificação. O segundo capítulo trata da visão geral da avaliação da qualidade dos dados, no qual são discutidos os conceitos, princípios, componentes e amostragem.

O terceiro capítulo é responsável por apresentar as medidas de qualidade utilizadas na ET-CQDG, sendo estruturadas de acordo com a categoria: completude (excesso e omissão), consistência lógica (conceitual, de domínio, de formato, topológica), acurácia posicional (absoluta, relativa, do grid), acurácia temporal (exatidão de uma medida de tempo, consistência temporal, validade temporal) e acurácia temática (da classificação, de atributos não quantitativos e de atributos quantitativos).

O quarto capítulo objetiva apresentar os processos de avaliação da qualidade de cada produto especificado na ET-CQDG: inspeção por amostragem (pontos de controle posicional, fenômenos contínuos, por objetos, tamanho da amostra), Conjunto de Dados Geoespaciais Vetoriais, Conjunto de Dados Geoespaciais Vetoriais em Grandes Escalas, Carta Topográfica, Carta Ortoimagem, Modelo Digital de Elevação, Ortoimagem, Carta Topográfica em Grandes Escalas e Carta Ortoimagem em Grandes Escalas.

Por fim, o quinto capítulo se destina a ilustrar as formas de documentar os resultados da qualidade de forma padronizada: relatório de qualidade, usando metadados da ISO 19115:2003 (ISO, 2003), servindo de base para o Perfil MGB (CONCAR, 2009); e o relatório independente de qualidade, permitido pela ISO 19157.

4 PERFIL DE METADADOS GEOESPACIAIS DO BRASIL (PERFIL MGB)

Além da construção dos dados geográficos, seguindo normas padronizadas de estruturação, aquisição e de representação, é importante que exista um registro contendo todas as informações dos dados. Essa questão deve ser resolvida a partir do uso de metadados de informações geoespaciais:

Conjunto de informações descritivas sobre os dados, incluindo as características de seu levantamento, produção, qualidade e estrutura de armazenamento, essenciais para promover a sua documentação, integração e disponibilização, além de possibilitar a busca e a exploração (CONCAR, 2011, p. 10).

No Brasil, o uso dos metadados para dados geográficos está orientado ao Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB), que foi baseado no padrão ISO 19115.

Salienta-se que o documento do Perfil MGB está, atualmente, na segunda edição, e foi desenvolvido pelo Comitê de Estruturação de Metadados Geoespaciais (CEMG) da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR).

Também é importante observar que os padrões dos metadados geoespaciais estão conceituados e estruturados em seções com funções específicas. Segundo a CONCAR (2017, p. 15), “identificar o produtor e a responsabilidade técnica de produção; padronizar a terminologia utilizada; garantir o compartilhamento e a transferência de dados; viabilizar a integração de informações; possibilitar o controle de qualidade; garantir os requisitos mínimos de disponibilização”.

Conforme será representado, o Perfil MGB está organizado em três capítulos (Introdução, Apresentação do Perfil MGB e Dicionário de Dados do Perfil MGB), além de seis anexos. Acompanhe:

QUADRO 10 – CONTÉUDO DO PERFIL MGB

Capítulo/Anexo	Conteúdo
1	Introdução.
2	Apresentação do Perfil MGB.
3	Dicionário de Dados do Perfil MGB.
Anexo 1	Relação completa de seções, entidades e elementos do Perfil MGB.
Anexo 2	Lista de Códigos (Codelists) do Perfil MGB.
Anexo 3	Lista de Categorias de Informação.
Anexo 4	Orientação para Preenchimento da Linhagem.
Anexo 5	Projeções cartográficas e seus parâmetros, Brasil.
Anexo 6	Exemplos da Simulação do Perfil MGB.

Perfil MGB: https://www.concar.gov.br/pdf/111@Perfil_MGB_homologado_nov2009_v1.pdf

FONTE: Adaptado de CONCAR (2017)

Neste tópico, aprendemos, mesmo que de forma resumida, a importância da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), além das especificações técnicas associadas para uma gestão eficiente dos dados geográficos do governo brasileiro. No próximo tópico, observaremos as etapas de produção da geoinformação, que compreende as etapas de aquisição, processamento, gerenciamento, análise e elaboração de dados. Vamos conferir?!

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) são uma importante forma de governança de dados espaciais. A partir delas, são regidas as normas para encontrar, obter, processar e gerar dados.
- A Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) foi instituída por meio do Decreto n° 6.666/2008.
- A ET-EDGV tem, como principal objetivo, especificar a padronização da estruturação dos dados geoespaciais vetoriais.
- A ET-ADGV tem, como principal objetivo, fornecer uma forma padronizada para construir o atributo “geometria” de cada classe de objetos constante da ET-EDGV.
- A ET-PCDG tem, como principal objetivo, definir os padrões para os produtos dos conjuntos de dados geoespaciais, sejam eles vetoriais e/ou matriciais.
- A ET-RDG está em fase de elaboração, entretanto, até que seja concluída, a representação gráfica dos dados geográficos deve ser apoiada no manual técnico T34-700.
- A ET-PCDG tem, como principal objetivo, estabelecer um padrão de avaliação da qualidade dos produtos dos conjuntos dos dados geoespaciais pertencentes ao Sistema Cartográfico Nacional (SCN) brasileiro.
- No Brasil, o uso dos metadados para dados geográficos está orientado ao Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB).

AUTOATIVIDADE



1 A implantação de uma IDE é de extrema importância para a boa gestão dos dados geoespaciais brasileiros. Dessa forma, por meio do Decreto nº 6.666/2008, foi legalmente instituída a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Leia, com atenção, as afirmativas acerca dos principais objetivos da INDE, segundo o 1º artigo do decreto citado:

- I- Promover o adequado ordenamento na geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, disseminação e uso dos dados geoespaciais.
- II- Promover o adequado ordenamento na geração, armazenamento, acesso, mas restringir o uso e o compartilhamento dos dados geoespaciais.
- III- Promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais, pelo setor privado, dos padrões e normas homologados pela Comissão Nacional de Cartografia.
- IV- Promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais, pelos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal, dos padrões e normas homologados pela Comissão Nacional de Cartografia.
- V- Evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de dados geoespaciais, por meio da divulgação da documentação (metadados) dos dados disponíveis nas entidades e nos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas as alternativas I, II e III estão corretas.
- b) () Apenas as alternativas II e III estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas II e IV estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas II, IV e V estão corretas.
- e) () Apenas as alternativas I, IV e V estão corretas.

2 Visando contemplar algumas exigências geradas pela implantação da INDE, alguns sistemas precisam ser desenvolvidos. Esses sistemas já deixaram um legado positivo para os usuários dos dados geoespaciais, assim, sabendo disso, aponte quais foram esses sistemas.

3 Com a instituição da INDE, foi necessária a definição de algumas Especificações Técnicas (ET). Acerca das ETs relacionadas à INDE, assinale qual delas tem, como principal objetivo, fornecer uma forma padronizada para construir o atributo “geometria” de cada classe de objetos constante da EDGV 3.0.

- a) () ET-ADGV.
- b) () ET-EDGV.
- c) () ET-PCDG.
- d) () ET-RDG.
- e) () ET-CQDG.

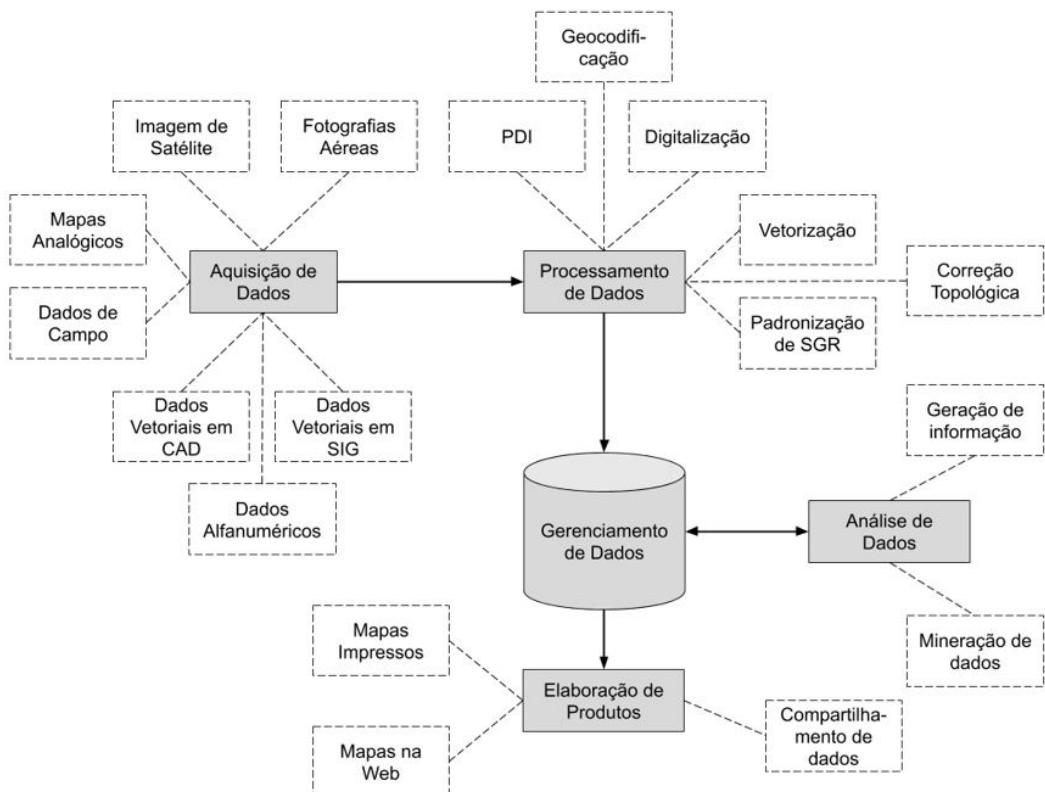
ETAPAS DA PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Ao iniciar um projeto em um ambiente de geoprocessamento, é natural que, assim como para outros exemplos, o primeiro passo seja a compreensão do objetivo e, por consequência, a definição do problema. Visando deixar os componentes do SIG (hardware, software, pessoas, dados e métodos) em sintonia com as reais necessidades do projeto, o profissional técnico deve fazer uma análise crítica acerca da estrutura do ambiente de trabalho, como avaliar a necessidade de investimentos em hardwares e softwares e a contratação de novos colaboradores.

Com a tecnologia (hardware e software) e colaborares compatíveis com as necessidades do projeto, é possível iniciar as etapas de produção da geoinformação, que, segundo Brasil (2014), são: aquisição, processamento, gerenciamento, análise de dados e elaboração de produtos.

FIGURA 4 – ETAPAS DA PRODUÇÃO DA GEOINFORMAÇÃO



Com o entendimento do fluxo das etapas da produção da geoinformação, vamos nos aprofundar e conhecer cada uma dessas etapas?!

2 AQUISIÇÃO DE DADOS

A primeira etapa para a produção da geoinformação se configura na aquisição ou levantamento de dados. Essa etapa é muito importante, pois, a partir dela, são conhecidos os dados de entrada para o projeto (sejam gráficos ou alfanuméricos), além dos processamentos de dados necessários para a condução com sucesso do projeto.

A partir dos requisitos levantados na problemática do projeto, as seguintes questões podem ser mais facilmente respondidas:

- São utilizados apenas dados de fontes públicas?
- O projeto prevê recursos para aquisição de base de dados?
- Quais estruturas de dados são utilizadas? Matricial, vetorial ou ambas?
- No projeto, além das informações planimétricas, são, também, utilizadas as altimétricas?
- Os dados precisam estar em quais escalas?
- A temporalidade é um fator importante?
- Com a tecnologia da empresa, é possível utilizar tal dado?

Partindo da conceituação acerca do conjunto de geotecnologias apresentada, serão apresentados alguns exemplos de produtos que são adquiridos ou coletados em órgãos públicos.

2.1 FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS DE SATÉLITE

Embora não obrigatória, é muito comum que, em projetos de geoprocessamento, seja necessária a utilização de fotografias aéreas ou imagens de satélite.

Assim como toda a área da geotecnologia, existe muito investimento, e as opções são muitas, como cenas gratuitas provenientes de satélites, como CBERS 4A e Landsat 8, além das opções pagas, como imagens do World View 4 e Geoeye, e fotografias aéreas provenientes de aviões ou do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), ou seja, do drone.

De acordo com o Martin (2020), em meio a tantas tecnologias disponíveis no mercado atual, muitos empreendedores ficam na dúvida de qual escolher para trabalhar. Para que essa decisão seja mais evidente, é importante ter a resposta das seguintes questões:

- O que quero visualizar na imagem?
- Qual a finalidade do uso da imagem, qual a minha aplicação?
- Qual a data ou período de aquisição que necessito?
- Qual a dimensão ou tamanho da área de interesse?
- Preciso de georreferenciamento de precisão ou apenas ortorectificação?
- Preciso de curvas de nível ou de modelo digital de elevação? Modelo digital de terreno?

A partir desses questionamentos, percebe-se que o imageamento proveniente de aviões, VANTs e satélites, muitas vezes, não é concorrente, uma vez que há características técnicas bem particulares. Fotografias provenientes de aviões, durante muito tempo, foram e ainda são referências de produtos com alta resolução espacial. Como pontos positivos, destaca-se o fato de serem executadas por equipes especializadas; possuírem uma área de cobertura maior em relação aos drones; e, normalmente, possuírem um acervo de imagens que pode ser interessante para uso em projetos de análise de evolução histórica.

De forma geral, se o projeto exige imagens com resoluções espaciais de poucos centímetros, pequena área de cobertura, não uso de imagens históricas, com prazo curto para execução e com baixo custo, os drones se tornam uma opção bem vantajosa. Entretanto, essa aplicação possui algumas desvantagens, como a baixa variabilidade espectral (normalmente, RGB e infravermelho) e a restrição de voos em alguns locais. Por vezes, o procedimento pode ser executado por profissionais pouco experientes, além da legislação.

FIGURA 5 – ORTOFOTO PROVENIENTE DO DRONE

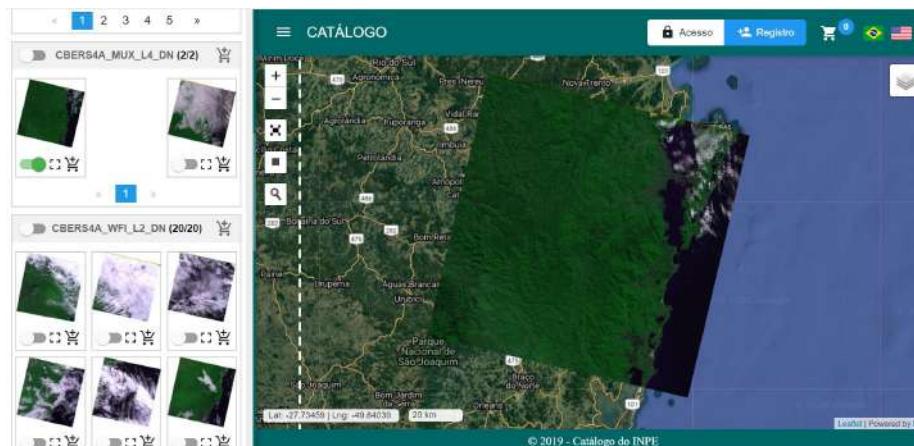


FONTE: <<https://dronebelow.com/wp-content/uploads/2019/06/@drones-03-00046-g002.jpg>>. Acesso em: 26 out. 2020.

É consenso que os sensores dos satélites estão cada vez mais modernos e, hoje, oferecem uma gama de escolhas que atende, praticamente, a todos os tipos de demandas. Dentre as várias opções disponíveis no mercado, alguma, a partir da leitura das resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais, deve contemplar todos ou boa parte dos requisitos. Outros pontos positivos são as áreas de cobertura extensas, catálogos de imagens históricas bem organizados e imagens provenientes de alguns sensores gratuitas.

Dentre as imagens gratuitas, pode-se destacar as do projeto CBERS, que, em dezembro de 2019, fez o lançamento do satélite CBERS 04^a. A câmera WPM possui imagens com resolução espacial de dois metros para a banda pancromática e oito metros para as multiespectrais. A seguir, através do Catálogo de Imagens do INPE, será possível fazer o download das imagens do CBERS 4A e de outros satélites.

FIGURA 6 – CATÁLOGO DE IMAGENS DO INPE



FONTE: O autor



Outro catálogo de imagens mundialmente utilizado é o *Earth Explorer*, pertencente ao *United States Geological Survey (USGS)*. Para conhecer e fazer o download das imagens, acesse: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

2.2 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Outra forma de obter informações que pode ser útil a projetos de geoprocessamento é por meio de produtos cartográficos, que outrora foram desenvolvidos em modo analógico. Ainda, por meio da cartografia digital, porém, encontram-se impressos. Por fim, produtos cartográficos digitais nos formatos matriciais, como JPG, TIF etc., ou, ainda, em PDF.

Para os produtos cartográficos que se encontram em meio físico (análogicos e impressos), para serem utilizados no ambiente SIG, precisam, primeiramente, ser digitalizados, depois, georreferenciados, e, por fim, caso necessário, vetorizados. Já os mapas impressos precisam ser convertidos para um formato matricial (no caso dos arquivos PDF), georreferenciados e vetorizados, se for o caso. A seguir, será possível verificar em exemplo de uma carta topográfica da província de São Paulo (1847), desenvolvida de modo analógico, mas que pode ser digitalizada e, por consequência, utilizada em projetos de SIG, em que são necessários resgates históricos, por exemplo.

FIGURA 7 – CARTA TOPOGRÁFICA DA PROVÍNCIA DE SÃO PAULO (1847)



FONTE: <<https://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/12809/img-3-small480.jpg>>. Acesso em: 26 out. 2020.

2.3 DADOS VETORIAIS

Como já apresentado, a estrutura dos dados vetoriais é composta por pontos, linhas e polígonos (áreas). Além da informação geométrica, as informações associadas à tabela de atributos fazem com que muitas temáticas possam ser representadas. Os dados vetoriais podem ter sido construídos a partir de uma referência local, ou seja, não estar georreferenciados; podem, também, estar georreferenciados a um outro sistema geodésico de referência, que não seja o SIRGAS 2000; ou, ainda, corretamente georreferenciados ao sistema geodésico oficial brasileiro.

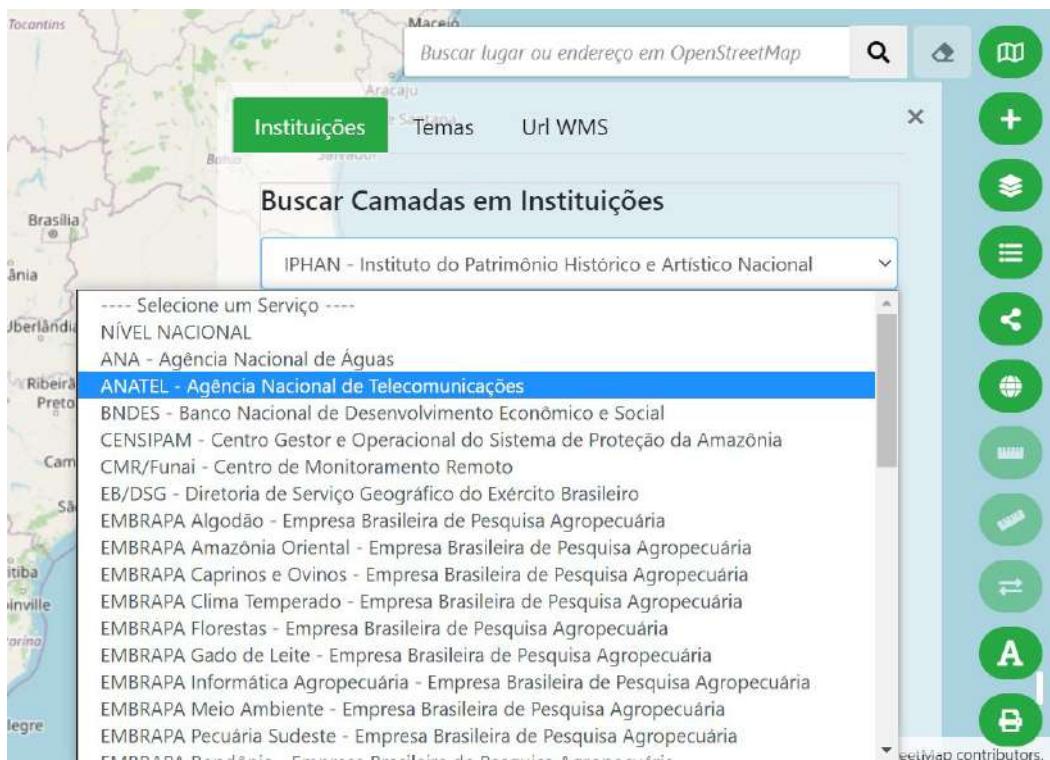
Muitos dados provenientes de projetos de engenharia, como em hidrelétricas, rodovias, ferrovias e zoneamento de planos diretores e cadastros municipais, são desenvolvidos em ambiente CAD e precisam ser transformados para ambiente SIG, para um bom aproveitamento. Em outras oportunidades, os arquivos vetoriais já se encontram em ambiente SIG, dispostos nos formatos SHP, KML, File Geodatabase e Geopackage, por exemplo, o que facilita as atividades do profissional de geoprocessamento.

Cada vez mais, tem se tornado uma prática mais comum o compartilhamento facilitado de dados georreferenciados por parte dos órgãos públicos, pois existem várias ações isoladas de órgãos de jurisdições municipais, estaduais e federais. Entretanto, deve-se destacar as ações promovidas pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), como o catálogo de geoserviços, catálogo de metadados geoespaciais e o visualizador de mapas.

O visualizador de mapas, segundo descrito no próprio portal da INDE, tem, como objetivo, oferecer mecanismos que permitam explorar os catálogos de metadados e geoserviços localizados em servidores pertencentes a diferentes organizações participantes do Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG). A INDE ainda informa que a aplicação possibilita a criação de mapas e a execução de diferentes funções de visualização e navegação:

- Consulta por instituição e tema.
- Mecanismo que permite combinar diversos temas para a construção de uma consulta.
- Mecanismos para impressão dos resultados das consultas.
- Mecanismos que permitem realizar consultas com filtros por atributos, sua exportação em formato csv e a espacialização do resultado da consulta.
- Exportação das camadas em formatos csv, kml e shp.
- Mecanismos de comunicação com outros Ambientes de Desenvolvimento Integrado (IDE) e plataformas abertas (OSM).
- Exibe/esconde as toponímias.
- Mecanismo de visualização de camadas sobrepostas por deslizamento da janela da camada mais ao topo e transparência.
- Mecanismo de busca de localidades e aproximação para a localidade de interesse.

FIGURA 8 – EXEMPLO DE BUSCA DE CAMADAS POR INSTITUIÇÕES NO VISUALIZADOR DE MAPAS DA INDE



FONTE: O autor

A partir do visualizador da INDE, é possível ver dados geográficos especializados de várias temáticas e provenientes de muitas instituições públicas, como da Agência Nacional de Águas (ANA), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) etc.



Por meio do visualizador de mapas da INDE, é possível fazer o download da base de dados geográficos de diferentes instituições públicas. Para conhecer o portal, acesse <https://visualizador.inde.gov.br/>.

2.4 DADOS DE CAMPO

Outra entrada de dados em projetos de geoprocessamento é por meio da coleta de dados de campo. Os dados de campo podem ser provenientes de técnicas de topografia e geodésia a partir da Estação Total ou Receptor GNSS de precisão, como demarcação de imóveis rurais e urbanos, levantamento de pontos de controle para ortorretificação de imagens de satélites ou aerofotogrametria, mapeamento de pontos de interesse etc.

A seguir, será possível verificar o rastreamento da coordenada da estação de número 91858, pertencente à rede SAT GPS (que fornece um referencial planialtimétrico de alta precisão de abrangência nacional), com o auxílio de um receptor GNSS geodésico, cujo objetivo é o de gerar um ponto de controle para a ortorretificação da imagem do satélite.

FIGURA 9 – ESTAÇÃO N° 91858 DA REDE SAT GPS (IBGE) EM BLUMENAU (SC) – FURB CAMPUS 2



FONTE: O autor

Os dados de campo também podem ser provenientes de pesquisas das mais variadas temáticas, como pesquisas com a comunidade, promovidas localmente para algum projeto de extensão universitária, além das pesquisas técnicas, para levantamento de danos sofridos em razão de um desastre natural.

Atualmente, é cada vez mais frequente que as pesquisas de campo estejam apoiadas por equipamentos eletrônicos, como tablet, a partir do qual é possível fazer o questionário de forma digital, além de registrar o par de coordenadas da pesquisa (pelo receptor GPS de navegação). Todos esses dados podem ser utilizados em ambiente SIG.

2.5 DADOS ALFANUMÉRICOS

Dados alfanuméricos também são exemplos de entrada de dados para projetos de geoprocessamento. Normalmente, encontram-se no formato tabular, por meio de arquivos CSV e XLS, por exemplo. No ambiente SIG, os dados alfanuméricos podem ser especializados através de algumas técnicas, como a geocodificação (atribuição de um par de coordenadas por meio de um endereço cadastrado).

Entretanto, em outros casos, os dados alfanuméricos são utilizados para gerar novas temáticas a um dado geométrico. Esse processo é realizado mediante um campo comum entre os dados tabulares e a tabela de atributos de um dado georreferenciado, exercendo a função de chave de ligação das duas tabelas.

Um exemplo prático dessa ação é por intermédio dos dados alfanuméricos da pesquisa do censo (IBGE), com os setores censitários (arquivo vetorial de polígonos), assim, a partir do campo do código do setor censitário, é possível vincular informações do censo e, com isso, gerar uma série de mapas temáticos, como mapa de população por faixa etária, densidade demográfica etc.



O último censo realizado pelo IBGE foi em 2010. Segundo o próprio instituto, mais de 190 mil recenseadores visitaram 67,6 milhões de domicílios nos 5.565 municípios brasileiros. Para visualizar o mapa dinâmico com cruzamentos dos resultados da pesquisa, acesse: <https://censo2010.ibge.gov.br/apps/mapa/>.

3 PROCESSAMENTO DE DADOS

Após a definição e o levantamento de todos os dados necessários para o projeto, a próxima etapa é realizar o processamento dos dados adquiridos, com o intuito de fazer os ajustes necessários para que os dados georreferenciados estejam aptos para a utilização como objeto de análise do estudo em questão ou, ainda, para a geração de um novo produto a partir do dado geoprocessado.

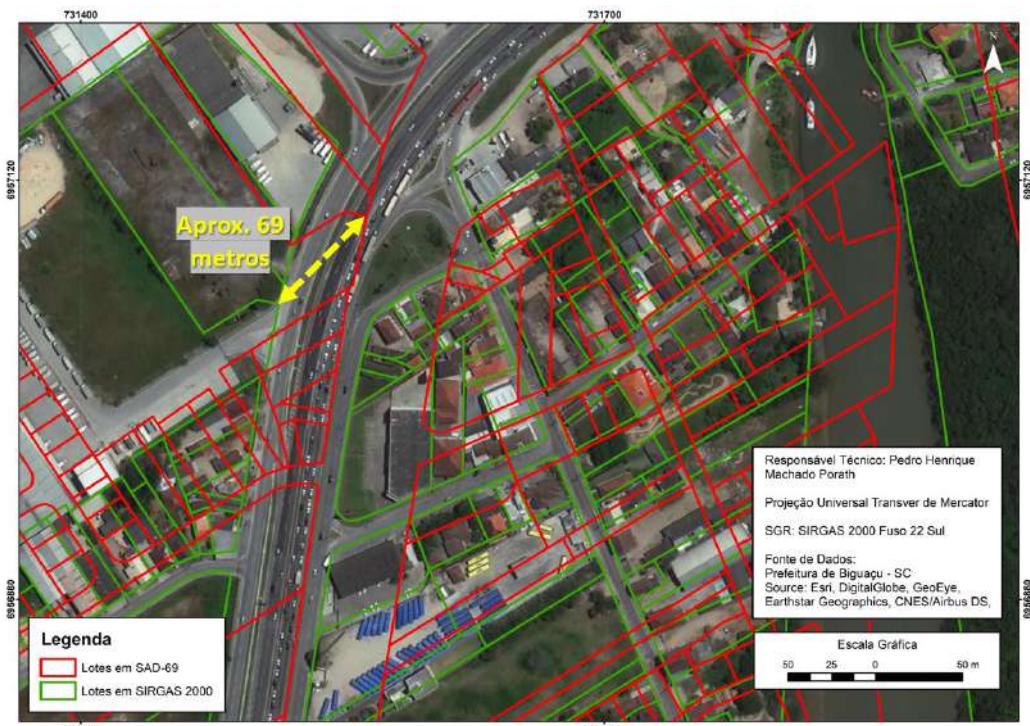
Neste tópico, serão apresentados apenas alguns exemplos de processamento de dados necessários para um projeto. Cabe destacar que diferentes situações podem exigir diferentes soluções de geoprocessamento.

3.1 PADRONIZAÇÃO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA E COORDENADAS

Como já apresentado neste livro, em 2005, foi iniciado o período de transição, para que, em 2015, o SIRGAS 2000 fosse o único Sistema Geodésico de Referência (SGR) oficial brasileiro. Entretanto, muitos produtos cartográficos gerados antes dessa data ainda não foram atualizados, logo, encontram-se em outros SGR, como o SAD-69 e o Córrego Alegre. Dessa forma, mediante parâmetros de conversões conhecidos, é necessária a realização da conversão do SGR original para o SIRGAS 2000.

É extremamente importante a adoção de apenas um sistema de referência em um projeto de geoprocessamento, uma vez que existem deslocamentos entre os sistemas que são causados devido à diferença da origem (*datum*) dos citados sistemas. A seguir, será possível identificar os lotes dos imóveis do município de Biguaçu (SC), sendo retratados, em SIRGAS 2000, na cor verde, e, vermelho, no SAD-69. A diferença entre os dois sistemas foi de, aproximadamente, sessenta e nove metros.

FIGURA 10 – DESLOCAMENTO ENTRE OS SGR SIRGAS 2000 E SAD-69



FONTE: O autor

Além disso, é preciso se ater a qual sistema de coordenadas foi utilizado para localizar o objeto no espaço. Em boa parte dos casos, os dados são representados por meio do sistema de coordenadas geográficas ou sistema de coordenadas planas cartesianas. O primeiro sistema tem características curvilíneas, logo, suas coordenadas são representadas em graus; já no segundo sistema citado, as coordenadas são projetadas do elipsoide de referência para o plano.

Após apresentadas tais questões, podem surgir algumas dúvidas ao leitor: Quando converter um dado georreferenciado para o sistema geodésico de referência oficial brasileiro? A resposta é sempre, desde que o mapeamento seja em território brasileiro, visto que é não é apenas uma questão técnica, mas também legal.

Outra dúvida frequente é referente à escolha pelo sistema de coordenadas geográficas ou planas. Essa pergunta já é mais complexa, e depende muito do projeto em questão. Por exemplo, se a ideia é extrair informações dos objetos, como distâncias e valores de áreas na unidade métrica, o ideal é utilizar coordenadas planas.

Por outro lado, por não ser projetada, a utilização do sistema de coordenadas geográficas pode ser utilizada sem restrições para grandes áreas.

3.2 GEORREFERENCIAMENTO

Muitas vezes, os dados vetoriais ou matriciais adquiridos não se encontram georreferenciados. Os motivos são muitos para que um dado se encontre nessa situação. Podemos destacar dois deles: o fato de o produto ter sido desenvolvido a partir de um sistema de coordenada local ou, ainda, no caso de layouts de mapas terem sido gerados em formatos que não herdaram as informações do sistema de coordenadas.

A fim de tornar um dado georreferenciado, ou seja, ajustar a posição no espaço geográfico associando as coordenadas a um Sistema Geodésico de Referência e Sistemas de Coordenadas, existem ferramentas de georreferenciamento. Essa ferramenta, de posse dos pontos de controle conhecidos, é capaz de identificar as coordenadas originais (produto não georreferenciado) e as corretas, e, a partir de um modelo matemático, realizar os ajustes necessários.

A qualidade do processo de georreferenciamento está diretamente associada à precisão dos pontos de controle. Por isso, são recomendados os seguintes procedimentos para a correta realização dessa atividade:

- A realização da atividade de campo para levantamento de pontos de controle identificáveis na imagem a partir do uso de equipamentos receptores GNSS de alta precisão.
- Utilização da base de dados georreferenciados precisos e acurados, como o cadastro municipal. A partir de objetos comuns identificáveis entre a base de dados e o produto a ser georreferenciado, devem ser definidos os pontos de controle.

- Se o produto cartográfico outrora se encontrava georreferenciado, mas quando exportado para um formato matricial perdeu as referências espaciais, se possui referências georreferenciáveis, como a presença de grades de coordenadas, essas informações podem ser utilizadas como pontos de controle.

FIGURA 11 – UTILIZAÇÃO DA GRADE DE COORDENADAS COMO PONTOS DE CONTROLE



FONTE: Brasil (2017, p. 16)

Também é importante informar que existem os parâmetros de georreferenciamento nomeados de transformação geométrica e a reamostragem. Os primeiros são conhecidos como mapeamento direto, que, segundo Brasil (2017, p. 7), é responsável por estabelecer “[...] uma relação entre as coordenadas de imagem (linha e coluna) e as coordenadas no sistema de referência (geográficas ou de projeção)”. As transformações geométricas se dividem em ortogonal, similaridade, afim ortogonal, afim e transformações polinomiais de 1º e 2º graus.

Já a reamostragem, é a etapa posterior à transformação geométrica:

Faz-se o mapeamento inverso, que inverte a transformação geométrica usada no mapeamento direto, permitindo que se retorne à imagem original para que se definam os níveis de cinza que comporão a imagem georreferenciada. Essa definição de níveis de cinza ocorre na última etapa, chamada de reamostragem, que nada mais é que uma interpolação sobre os valores de níveis de cinza da imagem original para definição dos valores de nível de cinza que comporão a imagem georreferenciada (BRASIL, 2017, p. 8).

Os métodos mais utilizados de reamostragem, ou de interpolação de valores de níveis de cinza, são: vizinho mais próximo, bilinear e convolução cúbica. Por fim, também deve ser informado que o número de pontos de controle adotado, assim como a forma com que os pontos são distribuídos no produto

cartográfico, são de extrema importância para o correto georreferenciamento, uma vez que as transformações geométricas tendem a atuar com mais precisão no entorno dos pontos de controle.

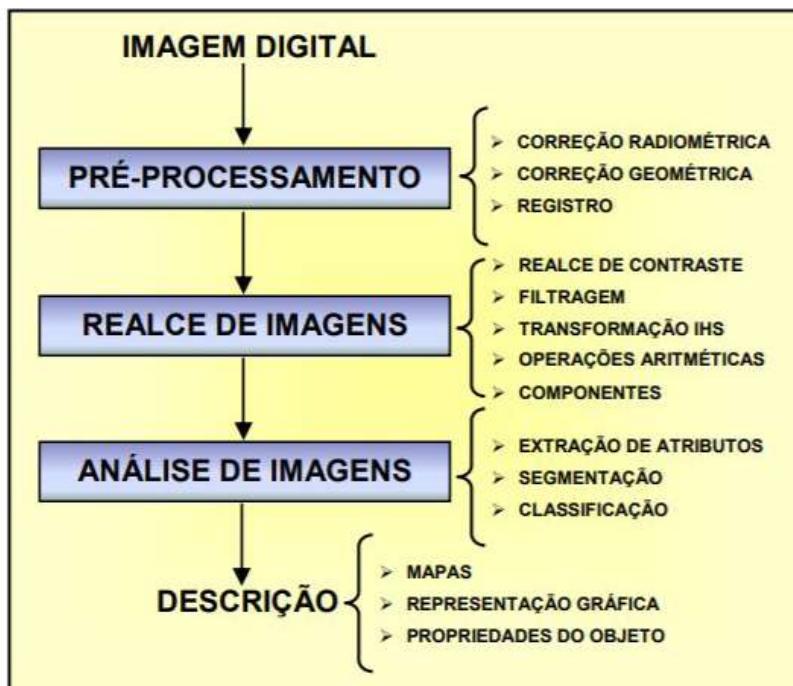


Que tal conhecer um pouco mais do processo de georreferenciamento de arquivos digitais matriciais gerados a partir do processo de digitalização de produtos analógicos geoespaciais? Para conhecer a metodologia desenvolvida pela Secretaria de Patrimônio da União, acesse: <https://tinyurl.com/yaybtinx>.

3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

O PDI, acrônimo para Processamento Digital de Imagens (PDI), segundo Maciel, Vinhas e Câmara (2015), “pode ser entendido como o conjunto de técnicas utilizadas para manipulação de imagens digitais no sentido de facilitar a extração de informações”. Dessa forma, podemos compreender que, em um PDI, a entrada e a saída de dados são produtos matriciais. Acerca das técnicas de PDI, são divididas em três etapas: pré-processamento, realce de imagens e análise de imagens.

FIGURA 12 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS



FONTE: Santos, Peluzio e Saito (2010, p. 38)

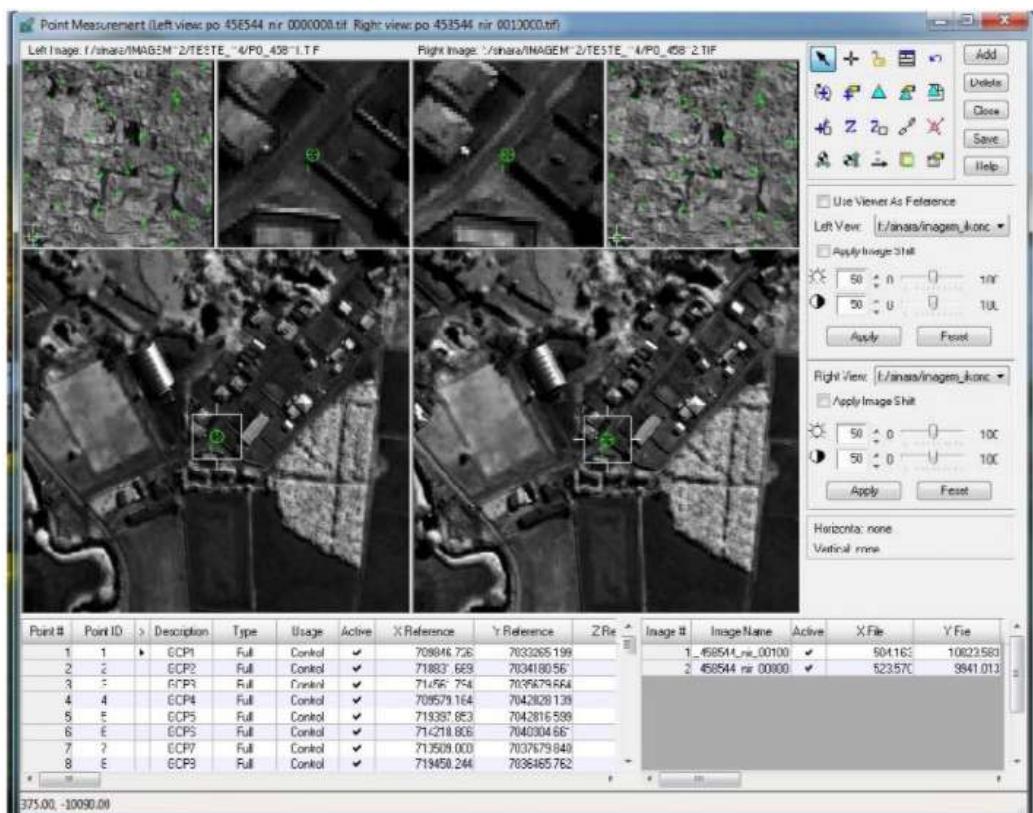
O pré-processamento, conhecido como a primeira etapa de um PDI, é o responsável pela correção das distorções compreendidas nos dados brutos de uma imagem, sendo, essas distorções, radiométricas e geométricas. Para Santos, Peluzio e Saito (2010, p. 38), pré-processamento:

é o conjunto de processamentos por que passa a imagem, visando minimizar, ao máximo, suas distorções. Essas distorções podem ser classificadas em radiométricas e geométricas. As distorções radiométricas alteram os níveis de cinza de cada elemento da imagem. Já as distorções geométricas alteram a distribuição espacial dos elementos de imagem, afetando escala, afinidade, orientação etc.

Normalmente essa técnica é utilizada quando, em um projeto de geoprocessamento, é realizada a aquisição de um produto proveniente do sensoriamento remoto, sem os tratamentos iniciais. Logo, para a realização dessas correções, devem ser utilizados softwares de PDI, como o ERDAS, ENVI, Spring etc.

A seguir, por meio do software Leica Photogrammetry Suite (LPS), com o auxílio de pontos de controle levantados em campo, será realizado, em uma imagem de satélite, o processo de ortorretificação, ou seja, a correção das distorções resultantes do relevo, com o objetivo de projetar a imagem ortogonalmente.

FIGURA 13 – PROCESSO DE ORTORRETIFICAÇÃO DA IMAGEM



FONTE: O autor

Já a segunda etapa do PDI, conhecida como realce de imagens ou técnicas de realce, segundo Santos, Peluzio e Saito (2010, p. 38), “[...] tem, como objetivo, modificar, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais, melhorando a qualidade visual e facilitando a análise posterior pelo fotointérprete”.

Dentre os processamentos realizáveis na segunda etapa do PDI, destacam-se: realce de contrastes, no qual é realizada a melhoria da qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano a partir do contraste entre dois objetos; filtragem, que objetiva melhorar a aparência da distribuição espacial das informações, sendo dividido em filtragem linear, não linear e morfológica; operações aritméticas, a partir das quais, mediante modelos matemáticos, são realizadas operações pixel a pixel entre diferentes imagens; e os componentes principais (PCA), que devem eliminar a redundância de informações espectrais que prejudicam a interpretação dos dados em cada banda.

Outro exemplo de atividade realizada na etapa de realce de imagens é a transformação de IHS, que é o processo de projetar as cores no espaço RGB (Vermelho, Verde e Azul) para o IHS (Intensidade, Matiz e Saturação), identificando as variações das tonalidades das cores. Segundo Santos, Peluzio e Saito (2010, p. 51), “o sistema IHS possui a vantagem de apresentar as cores de uma forma mais aproximada àquela utilizada pelo sistema de visão humano”.

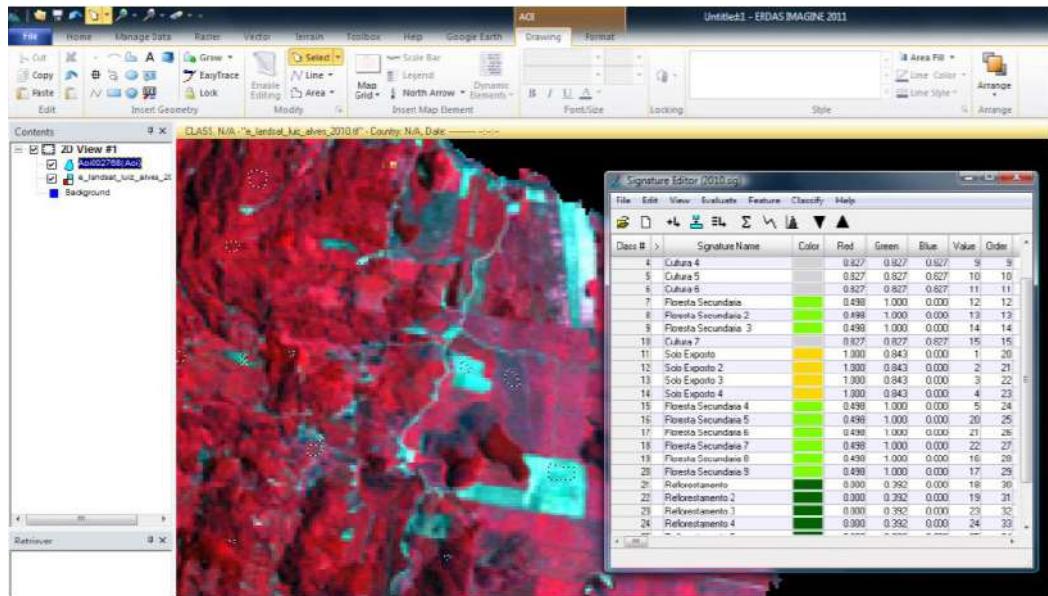
QUADRO 11 – SIGNIFICADO DO IHS

Letra	Inglês	Português	Significado
I	Intensity	Intensidade	Representa o brilho ou a energia total da imagem.
H	Hue	Matiz	Representa o comprimento de onda dominante da cor.
S	Saturation	Saturação	Representa a pureza da cor.

FONTE: Adaptado de Santos, Peluzio e Saito (2010)

Já a terceira etapa do PDI, conhecida como análise de imagens, é realizada quando o produto oriundo do sensoriamento remoto já passou pelo processo de correções de distorções e está apto para uso em projetos de geoprocessamento. Essa etapa costuma ser subdividida em classificação de imagens e segmentação de imagens, sendo, a primeira, responsável pela extração de informações da imagem a partir das técnicas de classificação supervisionada e não supervisionada.

FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA



FONTE: O autor

A classificação supervisionada é uma técnica de mapeamento semiautomatizado. É necessária a coleta de várias amostras (assinaturas) e, para cada uma delas, é feito um apontamento. Como apresentado, visando calibrar a classificação supervisionada, uma mesma classe pode ter várias amostras e, após a definição de todas, é realizado o processamento, a partir do qual o software identifica, por semelhança de pixel, a quais classes os pixels não coletados pertencem. Já a classificação não supervisionada é realizada de forma automática, uma vez que não são coletadas amostras. Apesar de serem métodos de fácil e rápida aplicação, costumam gerar erros de interpretação, sendo mais indicados para mapeamentos simples e com poucas classes.

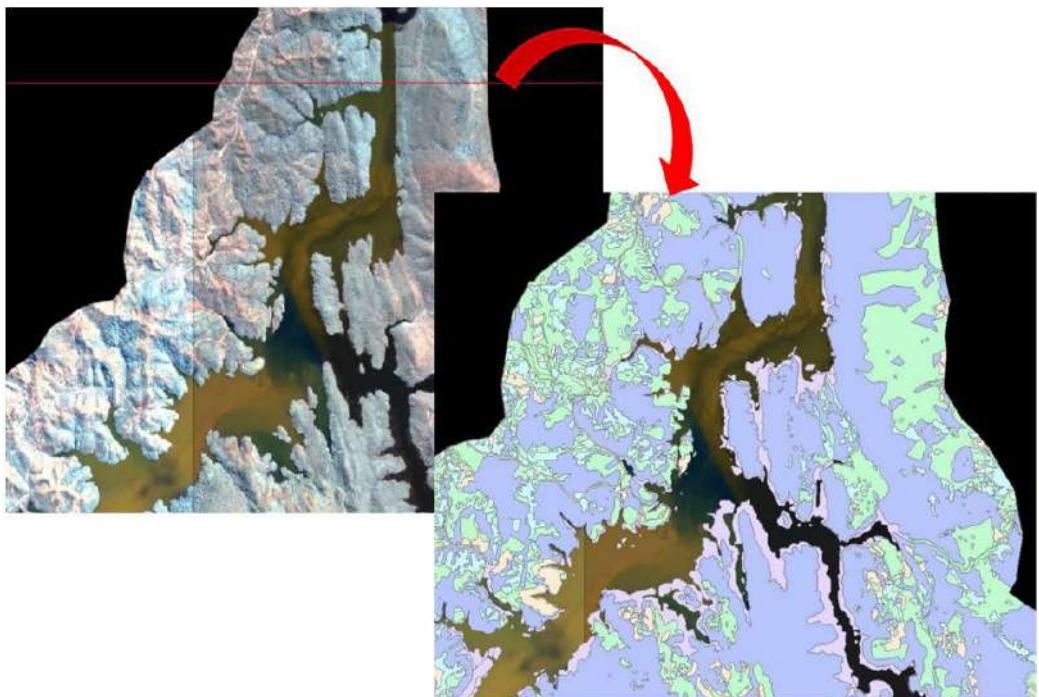
O segundo item é a segmentação de imagem. Um dos objetivos do método de segmentações é a possibilidade de minimizar os ruídos gerados pelas classificações automatizadas. Segundo Santos, Peluzio e Saito (2010, p. 39), “a segmentação de imagens tem, como objetivo, fragmentar uma região em unidades homogêneas, considerando algumas das suas características intrínsecas, como o nível de cinza dos pixels, textura e contraste”. Dentre os métodos de segmentação de imagem existentes, podemos destacar os *Chessboard Segmentation*, *quadtree Segmentation* e *Multi-resolution Segmentation*.

3.4 VETORIZAÇÃO

O processo de vetorização consiste no ato de transformar um arquivo matricial em vetorial. No ambiente do geoprocessamento, esse procedimento pode ser realizado de forma automatizada ou manual, sendo, a última, apesar de mais lenta, uma prática muito comum para situações em que é necessária a extração de informações específicas e com precisão.

A extração de informações, por meio da técnica de vetorização, pode ser realizada em mapas digitalizados, como no zoneamento de um plano diretor municipal, geológico, socioeconômico ou em qualquer outro tema que se tenha o interesse de mapear em formato vetorial. Além disso, o processo de vetorização também pode ser utilizado para extração de informações de uma imagem de satélite ou fotografia aérea, como identificação do sistema viário, hidrografia ou o uso e ocupação da terra.

FIGURA 15 – VETORIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA



FONTE: O autor

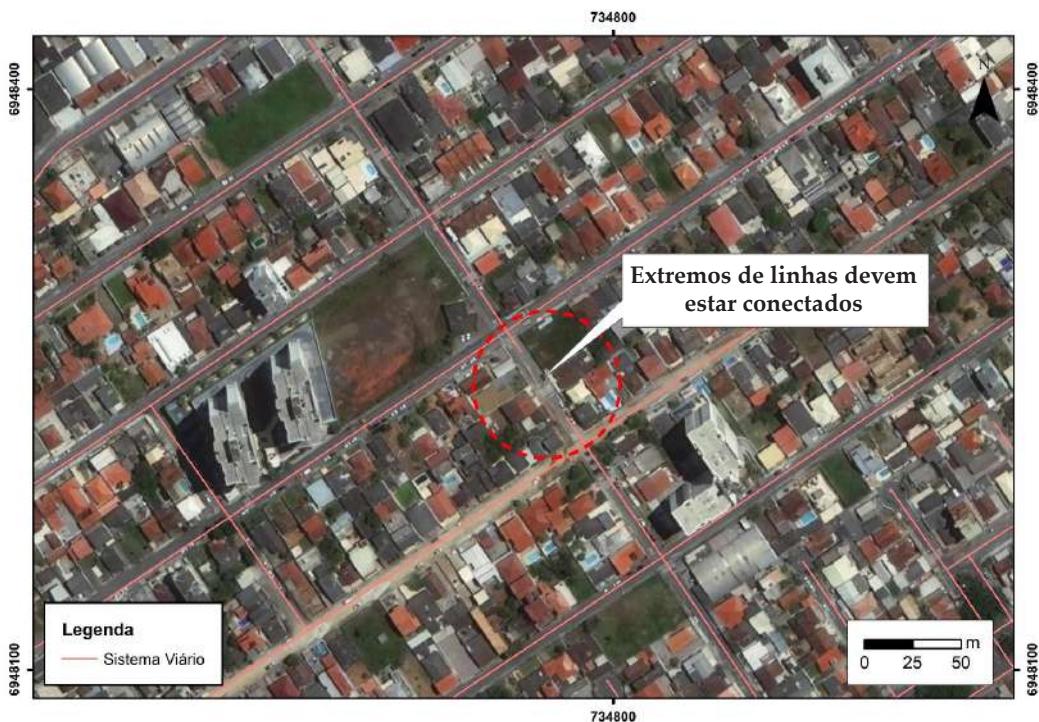
Quando o processo de mapeamento por meio da técnica de vetorização manual é realizado em cima de uma imagem de satélite de alta resolução espacial ortorretificada, como no caso do sensor QuickBird, é possível gerar um produto preciso e acurado, a partir do qual diversas classes de uso e ocupação da terra podem ser identificáveis, como áreas de assoreamento, banhado, campo cerrado, corpos d'água, cultura, edificações, reflorestamento, solo exposto etc.

3.5 ANÁLISE TOPOLÓGICA

Como já estudamos na Unidade 2 deste livro, os relacionamentos espaciais entre os dados vetoriais são definidos pela estrutura topológica. Entretanto, por vezes, a construção dos dados vetoriais, sejam pontos, linhas e polígonos, não respeita algumas regras topológicas, o que acaba prejudicando a qualidade da geometria do dado georreferenciado. Como exemplo, a não conexão de extremos de linhas com pontos ou com outros extremos de linha em um arquivo de malha viária, além da sobreposição de polígonos ou linhas, buracos em polígonos, não interseção entre linhas etc.

Visando identificar esses erros de forma eficiente e segura, foram desenvolvidas, para os softwares de SIG, as ferramentas das análises topológicas. Nessas ferramentas, o profissional técnico precisa definir as regras analisadas; na sequência, o sistema identifica um possível erro; e, por fim, o usuário toma a decisão se determinada situação é, de fato, um erro ou uma exceção; caso um erro, a correção é realizada.

FIGURA 16 – ERRO TOPOLÓGICO



FONTE: O autor

Conforme relatado, à primeira instância, pode parecer não ter muita importância, mas, por exemplo, se os dados do sistema viário forem utilizados como arquivos de redes em estudos de simulação de transportes, os resultados do roteamento podem estar comprometidos. Se o caminho mínimo de uma viagem hipotética passasse por aquele trecho, o sistema iria identificar que tal caminho não existe, logo, optaria por uma rota mais longa.



Neste livro, foram apresentadas algumas regras topológicas e a importância de corrigi-las, mas existem muitas outras. O pleno entendimento de cada uma delas é muito importante, por isso, que tal conferir um resumo bem intuitivo produzido pela ESRI? http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/geodatabases/topology_rules_poster.pdf.

4 GERENCIAMENTO DE DADOS ESPACIAIS

Após o levantamento e o processamento da base de dados, chega-se à terceira etapa da geoinformação, o gerenciamento de dados espaciais.

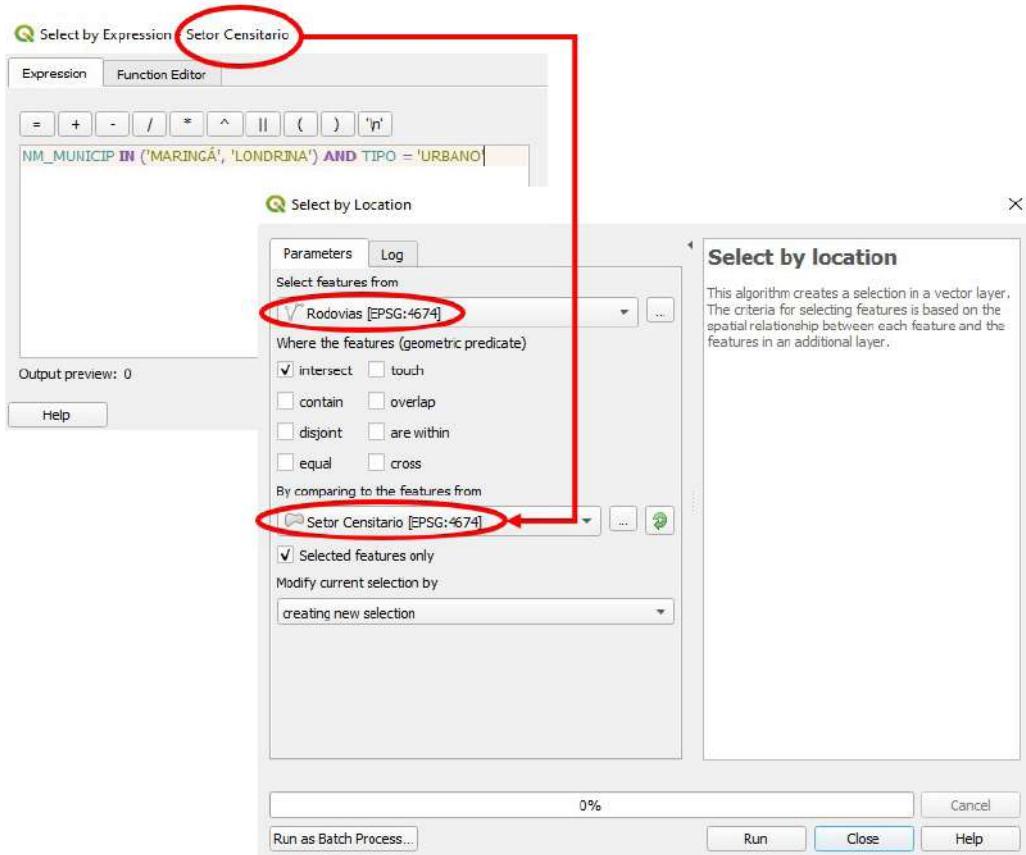
Devido ao avanço tecnológico, o gerenciamento de dados em um SIG é realizado de forma muito eficiente sob os pontos de vista do armazenamento, consulta espacial e compartilhamento.

Um dos grandes diferenciais da resolução de problemas de ordem espacial, a partir de Sistemas de Informação Geográfica, é poder contar com bases de dados georreferenciadas, assim, além das informações gráficas, são somadas, ao objeto, as informações alfanuméricas. Tudo isso apenas é possível devido à evolução e à forma com que os dados são armazenados em SIG.

Nos projetos de geoprocessamento, o armazenamento de dados pode ocorrer das maneiras mais simples, como no formato shapefile, para a estrutura de dados vetoriais, e GeoTIF, para a estrutura de dados matriciais. Entretanto, para projetos que envolvem maior volume de dados, que necessitam de aplicações multiusuário e facilidade de compartilhamento, é sugerido que o armazenamento de dados seja realizado de maneiras mais eficientes, como a partir dos sistemas gerenciadores de banco de dados, a partir dos quais é utilizada a arquitetura de SIG Orientado a Objetos.

Outro fator importante do gerenciamento de dados espaciais é a capacidade de fazer consultas (query) nas diferentes bases de dados a partir da linguagem SQL. Essa consulta pode ser realizada em dados alfanuméricos e de forma espacial, devido ao avanço da estrutura *spaghetti* para topológica em dados *vetoriais*.

FIGURA 17 – CONSULTAS ALFANUMÉRICA E ESPACIAL



FONTE: O autor

As consultas alfanuméricas e espaciais podem ser utilizadas de forma integrada, visando à identificação de algum objeto específico. No caso apresentado, primeiramente, foi realizada uma consulta à tabela de atributos da camada geográfica de setor censitário, com o intuito de identificar os setores pertencentes aos municípios de Maringá e Londrina do tipo urbano. Na sequência, houve a necessidade de identificar os trechos rodoviários que faziam intersecção com os setores selecionados no passo anterior, assim, foi realizada consulta espacial.

Por fim, outra função importante do gerenciamento de dados é o compartilhamento dos dados produzidos no projeto ao público geral ou a um cliente específico. Por meio da comunicação do SGBD com um webmap, por exemplo, o cliente pode realizar o download dos arquivos necessários, tendo a certeza de que está sempre em posse da última versão publicada.

5 ANÁLISE DE DADOS

Na quinta etapa da produção da geoinformação, os dados já estão aptos para ser utilizados para análises espaciais, que é o processo de extração de informações adicionais de um dado espacial, seja vetorial ou matricial. Como alguns exemplos de análises de dados em SIG, podemos citar: mineração de dados; identificação de áreas potenciais a algum tema específico, como áreas potenciais para construção de um empreendimento, definição de linha diretriz rodoviária; e pesquisa operacional visando à otimização de redes, caminho mínimo, fluxo máximo etc.

Os softwares de SIG estão cada vez mais completos, assim, muitas respostas podem ser atendidas a partir das inúmeras soluções dispostas nos softwares em forma de ferramentas. Inclusive, no Tópico 3 desta unidade, serão apresentadas ferramentas específicas do software livre QGIS. Outra vantagem é que essas plataformas (principalmente as de código aberto) permitem o desenvolvimento, além do posterior compartilhamento de plugins, que visam contemplar algumas situações.



Que tal conhecer uma lista contendo todos os plugins desenvolvidos em Python (linguagem de programação) presentes no repositório do QGIS? Com simples passos, podem ser adicionados ao software QGIS 3. Para saber mais, acesse: <https://plugins.qgis.org/plugins/>.

6 ELABORAÇÃO DE PRODUTOS

Após percorrer toda a trilha para a elaboração da geoinformação com qualidade, chegamos à última etapa, que é a elaboração dos produtos. A visualização e o compartilhamento desses produtos podem ser feitos de diversas formas, para contemplar diferentes situações, como camadas geográficas nos formatos vetoriais e matriciais, produtos cartográficos temáticos em meio digital (arquivo PDF) ou analógico e webmaps.

6.1 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

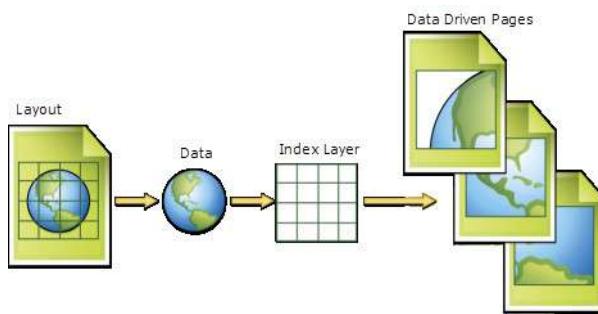
Os produtos cartográficos podem ser classificados em cartas, mapas e plantas, e representam a forma mais tradicional e utilizada para apresentação da informação geográfica. As limitações da utilização desses produtos, sejam eles em meio analógico ou digital, são o retrato estático da informação temática limitando o uso do produto cartográfico para determinado fim.

Os softwares de SIG possuem muitos recursos para a criação de layouts de mapas, de forma a torná-los bem informativos e respeitando os elementos e convenções cartográficas.

Por vezes, o profissional técnico precisa desenvolver mapas em séries de um mesmo tema, como a representação do uso e a ocupação da terra ao longo da rodovia BR-101, a maior rodovia federal brasileira. Para que a representação desse mapeamento seja feita em grande escala, por meio de folhas do tamanho ISO A4, por exemplo, é necessária a produção de muitos layouts, o que tornaria o processo inexequível em um curto prazo.

Para que as criações dos produtos cartográficos sejam resolvidas de forma automatizada, em softwares de SIG, existem as funcionalidades conhecidas como livros de mapas, ou, do inglês, *mapbooks*. No software QGIS, os *mapbooks* são realizados por meio da funcionalidade de Atlas (Gerador de Atlas); já no ArcGIS, o mesmo princípio é realizado por meio do *Data Driven Pages*.

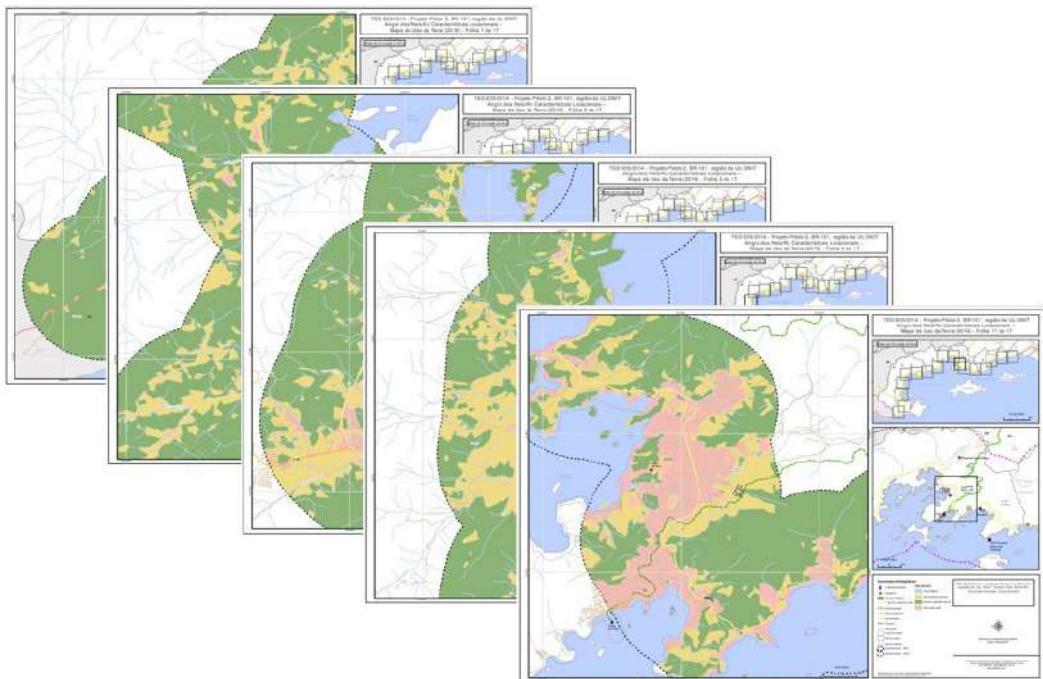
FIGURA 18 – FLUXOGRAMA PARA CRIAÇÃO DE MAPAS EM SÉRIE



FONTE: <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/map/page-layouts/GUID-842B0448-7931-4829-9E5B-63BA60238E63-web.png>>. Acesso em: 26 out. 2020.

Dessa forma, a partir de uma estrutura de layout padrão, é realizada a iteração em cima de articulações de folhas (*index layer*). Em cada uma das folhas, as informações de valores de escala, título do mapa, legenda, recursos gráficos e as informações geográficas do tema em questão são apresentados de forma dinâmica.

FIGURA 19 – EXEMPLIFICAÇÃO DE MAPAS EM SÉRIE



FONTE: O autor

A utilização desse tipo de ferramenta, por vários motivos, é muito útil para a produção de mapas em grandes volumes, assim, destacam-se: o tempo para desenvolvimento de cada um dos mapas; as grandes chances de erros pela atividade ser desenvolvida por seres humanos, uma vez que o processo é repetitivo e cansativo; e a necessidade da realização do processo de homologação dos mapas de maneira muito mais detalhada. Logo, surge o retrabalho, com os ajustes dos erros encontrados.



Você gostou das funcionalidades de um *mapbook*? Que tal aprender a desenvolver os seus mapas em série de forma automatizada por meio da funcionalidade Atlas do software livre QGIS 3? Assista ao vídeo de Narcélio de Sá, no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=ZbjXta96xiA&t=1846s>.

6.2 WEBMAP

Tendência no mercado da geotecnologia, os webmaps estão ganhando cada vez mais visibilidade. A evolução da tecnologia, seja pelos servidores nas nuvens, conexão com a internet cada vez mais rápida ou sistemas web e mobile mais performáticos, tem mudado a forma como os dados geográficos são apresentados. Muitas vezes, a apresentação do produto de um projeto de geoprocessamento não é mais realizada em papel, mas por meio das aplicações do webmap.

São muitas as vantagens desse movimento: o cliente tem acesso, de forma segura, à última versão dos dados geográficos; por vezes, é possível receber dados do cliente mediante uma produção colaborativa; também é possível realizar análises espaciais diretamente da aplicação, desde que haja conexão com a internet; e é possível acessar o sistema, independentemente do sistema operacional. Dessa forma, os dados geográficos são apresentados de maneiras mais interativas.

FIGURA 20 – MAPA DIGITAL DA CIDADE DE SÃO PAULO - GEOSAMPA



FONTE: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2020.

O GeoSampa é um caso de sucesso desse tipo de aplicação. Com fácil acesso, qualquer pessoa pode consultar a base de dados georreferenciada do município de São Paulo, visualizar os dados em 3D por meio do LiDAR 3D (*Light Detection And Ranging*), realizar medições simples, imprimir um mapa temático a partir das camadas selecionadas, fazer download dos dados geográficos e acessar os metadados.

Essas ações mostram o quão útil a informação geográfica é para o desenvolvimento de projetos nos mais diferentes setores.

QUADRO 12 – EXEMPLOS DE WEBMAPS

Nome do Portal	Assunto/Endereço
SIM Geo	Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo). É um sistema de informações geográficas (SIG) do Município de Joinville (SC). https://simgeo.joinville.sc.gov.br/
Web Mapa EPE	Sistemas de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro. https://gisepeprd.epe.gov.br/WebmapEPE/
Earth Wind Map	Mapa interativo da velocidade e da direção do vento em tempo real em alturas selecionadas acima da superfície da Terra, correntes da superfície do oceano e temperaturas e anomalias. https://earth.nullschool.net/
Radio Garden	Mapa interativo contendo a localização de diversas estações de rádios espalhadas pelo mundo, inclusive, é possível escutar o conteúdo em tempo real. http://radio.garden/
Flightradar24	Esse mapa interativo contém informações, em tempo real, das rotas de aviões no mundo, os aeroportos de origem e destino, previsão para chegar ao destino, velocidade, características da aeronave etc. https://www.flightradar24.com/
Marina Traffic	Semelhante ao Flightradar24, esse mapa interativo contém informações, em tempo real, de navios, como portos de origem e destino, previsão para chegar ao destino, velocidade, tipos de carga transportada etc. https://www.marinetraffic.com

FONTE: O autor

Viu quão interessantes podem ser os webmaps? As aplicações são muitas. De modo muito interativo, foram construídos webmaps para as áreas de planejamento municipal, setor energético, transportes marítimo e aéreo e estações de rádio presentes no mundo. Além do que foi listado, existem várias outras aplicações que são utilizadas para fins educacionais, monitoramento ambiental, geomarketing etc.

Neste tópico, aprendemos, de forma resumida, o processo de elaboração da geoinformação, que passa pelas etapas de aquisição, processamento, gerenciamento, análise de dados e elaboração de produtos. Já no terceiro e último tópico da Unidade 3, conversaremos a respeito de algumas ferramentas do software QGIS 3, além da atenção dada à abordagem de algumas formas de automatização de processos. Vamos conferir?!

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- As etapas para a produção da geoinformação compreendem aquisição, processamento, gerenciamento, análise de dados e elaboração de produtos.
- Na etapa da aquisição dos dados, são conhecidos os dados de entrada para o projeto (sejam eles gráficos ou alfanuméricos).
- Na etapa do processamento dos dados, são realizados os ajustes necessários para que os dados georreferenciados estejam aptos para utilização como objeto de análise do estudo em questão.
- No gerenciamento dos dados, são realizados o armazenamento, a consulta e o compartilhamento dos dados produzidos.
- Análise espacial é o processo de extração de informações adicionais de um dado espacial, seja ele vetorial ou matricial.
- A elaboração dos produtos pode ser realizada de diversas formas, como por meio das camadas geográficas nos formatos vetoriais e matriciais, produtos cartográficos temáticos em meio digital (arquivo PDF) ou analógico e webmaps.

AUTOATIVIDADE



- 1 A aquisição dos dados espaciais é uma etapa muito importante no processo de construção da geoinformação. Descreva alguns questionamentos que devem ser feitos durante o processo de escolha dos dados geográficos.
- 2 Após a aquisição dos dados espaciais, muitas vezes, em projetos de geoprocessamento, é necessária a realização do processamento dos dados espaciais. Leia, com atenção, as afirmativas acerca desse processo:
 - I- Em um projeto de geoprocessamento, é extremamente importante a adoção de apenas um sistema geodésico de referência. Dessa forma, por vezes, é necessário fazer a transformação do sistema de referência a partir de parâmetros de conversão conhecidos.
 - II- Por vezes, dados vetoriais ou matriciais foram construídos em cima de uma referência local. A partir do levantamento dos pontos de controle e ferramentas de SIG, esses dados são georreferenciados a um sistema geodésico de referência conhecido.
 - III- O processamento digital de imagem é dividido em pré-processamento, realce de imagens e análise de imagens, sendo, a última, responsável pelas correções radiométrica e geométrica.
 - IV- A análise topológica é responsável por identificar problemas na topologia dos dados. Seu uso é muito importante, visto que dados com erros topológicos podem levar o profissional a gerar análises equivocadas.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas II e IV estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas III e IV estão corretas.
- e) () Apenas as alternativas I, II e IV estão corretas.

- 3 Tendência no mercado da geotecnologia, os webmaps são cada vez mais utilizados como forma de apresentação de dados ao cliente. Acerca das vantagens da utilização dos webmaps, assinale a alternativa INCORRETA:

- a) () Acesso, de forma segura, aos dados geográficos.
- b) () Possibilidade de produção colaborativa.
- c) () Realização de análises espaciais complexas.
- d) () Utilização da aplicação em diferentes plataformas.
- e) () Desenvolvimento de mapas a partir dos dados geográficos dispostos no sistema.

ALGUMAS FERRAMENTAS SIG

1 INTRODUÇÃO

Ao longo deste livro, você teve acesso a uma série de conteúdos relacionados ao geoprocessamento. Agora, no último tópico, conhiceremos, apenas um pouco, das principais ferramentas de softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG). É preciso informar que, como os softwares de SIG são muito poderosos para a resolução de problemas de ordem espacial, além de possuírem muitas funcionalidades, uma série de ferramentas importantes não será aqui descrita, visto que a intenção deste tópico é a de realizar uma abordagem introdutória.

Faremos uso do software QGIS 3, uma vez que além, de ser um software livre e de código aberto, é muito utilizado no mercado de trabalho e para fins educacionais. Dessa forma, primeiramente, aprenderemos as ferramentas espaciais para dados vetoriais; na sequência, ferramentas espaciais para dados matriciais; e, por fim, serão apresentadas algumas formas de automatização de processos a partir dos modeladores de processos e Python.

2 ALGUMAS FERRAMENTAS PARA DADOS VETORIAIS

Primeiramente, é importante informar que as ferramentas, em um SIG, necessitam da realização da função do processamento de dados, além dos dados de entrada (input), para que se tenha a saída de dados (output). Dessa forma, entende-se que a qualidade da informação processada tem relação direta com a qualidade da informação inicial, a entrada de dados.

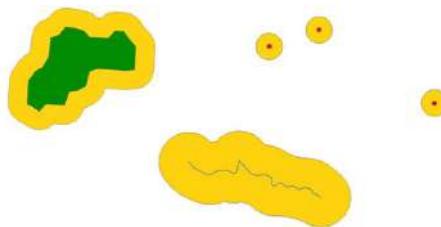
Assim, serão apresentadas algumas ferramentas para dados vetoriais que são utilizadas com muita frequência por profissionais técnicos da área de geoprocessamento: *buffer*, recortar (Clip), interseção (*intersect*), união (*union*) e dissolver (*dissolve*).

2.1 BUFFER

A ferramenta *buffer*, no *toolbox* (caixa de ferramenta) do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* (conjunto de ferramentas) de “Geometria de Vetor”.

Por meio do algoritmo, a ferramenta delimita uma área de influência ou borda (*buffer*), assim, a distância de delimitação pode ser fixa ou dinâmica (presente em um campo da tabela de atributos). Como será possível visualizar, a entrada de dados para a ferramenta, obrigatoriamente, é de dado vetorial, podendo ser de primitiva geométrica de ponto, linha e polígono.

FIGURA 21 – REPRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA BUFFER



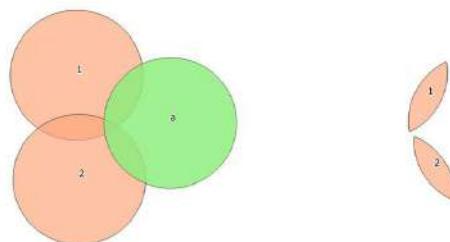
FONTE: O autor

Essa ferramenta tem muitas aplicações, visto que, a partir dos *buffers*, é possível delimitar áreas de influência. Para estudos ambientais, por exemplo, é muito utilizada para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) de lagos, nascentes e margens de rios.

2.2 RECORTAR

A ferramenta Recortar, que, na versão em inglês, é conhecida como Clip, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Sobreposição de Vetor”. Por meio do algoritmo, a ferramenta tem, como objetivo, recortar feições vetoriais, sejam elas de primitivas geométricas de ponto, linha e polígonos em função de uma camada de sobreposição com geometria, obrigatoriamente, de polígono.

FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA RECORTAR



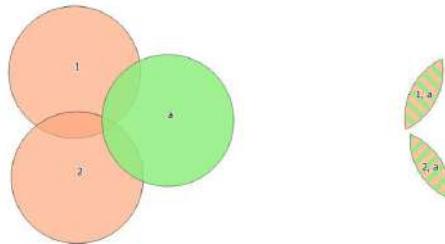
FONTE: O autor

Um dos usos dessa ferramenta é quando, no início de um projeto, faz-se necessária a exclusão de informações geográficas fora da área de estudo. Logo, a área de estudo é utilizada como camada de sobreposição, e serve de “molde” para o recorte de outras camadas, como a preservação de informações do sistema viário, hidrografia e qualquer outra informação geográfica de interesse presente.

2.3 INTERSEÇÃO

A ferramenta Interseção, que, na versão em inglês, é conhecida como *Intersection*, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Sobreposição de Vetor”. Por meio do algoritmo, a ferramenta tem, como objetivo, extrair as feições sobrepostas das camadas de entrada e de sobreposição, gerando uma camada na qual os limites e as informações alfanuméricas fazem referência à interseção das duas camadas citadas.

FIGURA 23 – REPRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA INTERSEÇÃO



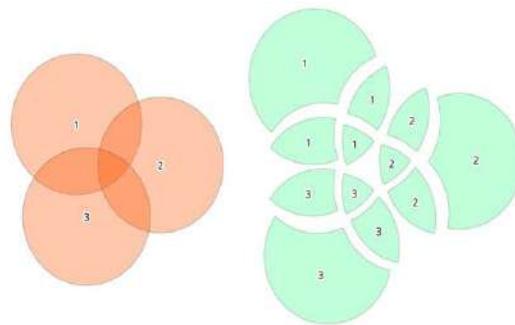
FONTE: O autor

Um exemplo da utilização da ferramenta pode ser trazido em um caso hipotético, no qual se tem um mapeamento de uso e ocupação do solo para um município, além do interesse de saber o valor das áreas de cada uma das classes nos bairros do município.

2.4 UNIÃO

A ferramenta União, que, na versão em inglês, é conhecida como *Union*, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Sobreposição de Vetor”. Essa ferramenta tem a funcionalidade muito semelhante à da “Interseção”. A diferença é que a da “União”, além de separar as áreas de interseção, não exclui os polígonos nos quais não há sobreposição.

FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA UNIÃO



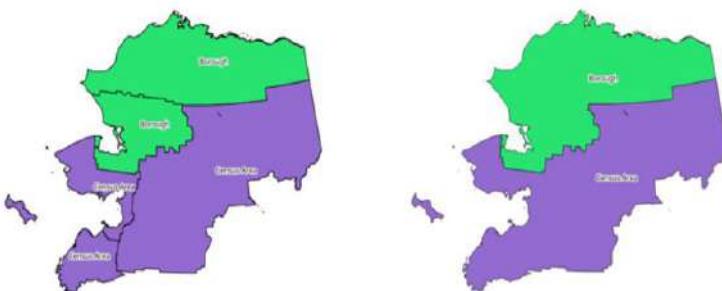
FONTE: O autor

Essa ferramenta pode ser útil para os casos em que é importante fazer a interseção de dois polígonos, além de agregar, em uma mesma tabela de atributos, as informações alfanuméricas, sendo importante a manutenção dos polígonos nos quais não há sobreposição.

2.5 DISSOLVER

A ferramenta Dissolver, que, na versão em inglês, é conhecida como *Dissolve*, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Geometria de Vetor”. Por meio do algoritmo, a ferramenta dissolve os limites de feições vizinhos de uma mesma camada em uma só. O processo também pode ser controlado a partir de informações alfanuméricas contidas em uma tabela de atributos.

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO



FONTE: O autor

Essa ferramenta tem muita aplicação, podendo ser utilizada em feições geométricas de linha e de polígono. Na Figura 25, por exemplo, a ferramenta foi utilizada para a dissolução dos limites de municípios dentro de um mesmo estado, mas preservando os limites estaduais. Um exemplo da aplicação da ferramenta

na geometria de linha pode ser uma camada de rodovias que está segmentada por quilômetro, mas que, para determinada aplicação, é mais interessante que sejam apenas preservados os limites de linhas de siglas de rodovias, como a BR-101, BR-116, BR-282 etc.

3 ALGUMAS FERRAMENTAS PARA DADOS MATRICIAIS

Agora, serão apresentadas algumas ferramentas para dados matriciais que são utilizadas, com frequência, por profissionais técnicos da área de geoprocessamento: *buffer*, recortar (Clip), interseção (*intersect*), união (*union*) e dissolver (*dissolve*).

3.1 RECORTAR RASTER PELA CAMADA DE MÁSCARA

A ferramenta Recortar Raster pela Camada de Máscara, que, na versão em inglês, é conhecida como *Clip raster by mask layer*, tem o algoritmo derivado da biblioteca GDAL, e pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Extrair Raster”. A ferramenta tem a funcionalidade semelhante à de “Recortar” (Clip), entretanto, ao invés de vetores, é utilizada para dados matriciais.

FIGURA 26 – RESULTADO DA FERRAMENTA DE CLIP RASTER BY MASK LAYER



FONTE: O autor

A ferramenta Recortar Raster pela Camada de Máscara é muito utilizada para delimitar dados matriciais a uma área de estudo, mas, também, para cálculos de álgebra de mapas que exigem que os limites (*boundaries*) das camadas de rasters sejam os mesmos.

3.2 PIXELS DE RASTER PARA POLÍGONOS

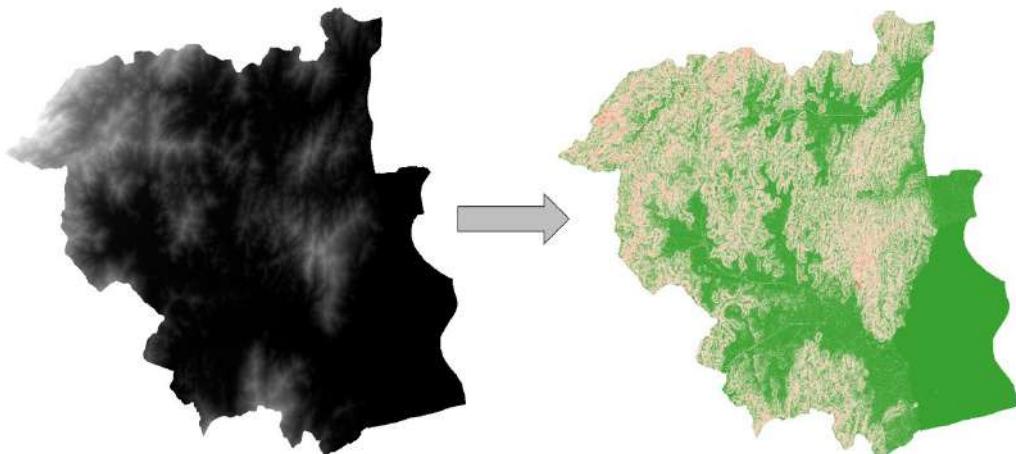
A ferramenta Pixels de Raster para Polígonos, que, na versão em inglês, é conhecida como *Raster pixels to polygons*, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Criação de Vetor”. O algoritmo da ferramenta tem, como função, converter um arquivo matricial em vetor de primitiva geométrica de polígono.

Cabe destacar que, no mesmo *toolset*, existe a ferramenta Pixels de Raster para Pontos, que, como o nome da ferramenta sugere, tem o objetivo de converter um arquivo matricial em vetor de primitiva geométrica de ponto. Por fim, também é importante destacar que, na biblioteca GDAL, dentro do *toolset* de “Conversão de vetor”, existe a ferramenta Converter vetor para raster (rasterizar), que é responsável por realizar o processo de conversão inversa (vetor para raster).

3.3 DECLIVIDADE

A ferramenta Declividade, que, na versão em inglês, é conhecida como “*Slope*”, no *toolbox* do QGIS, pode ser encontrada dentro do *toolset* de “Análise Raster do Terreno”. O algoritmo da ferramenta tem, como função, a partir de um modelo digital de elevação (arquivo matricial), gerar um segundo arquivo matricial contendo a declividade do terreno medido em graus.

FIGURA 27 – RESULTADO DA FERRAMENTA DECLIVIDADE



FONTE: O autor

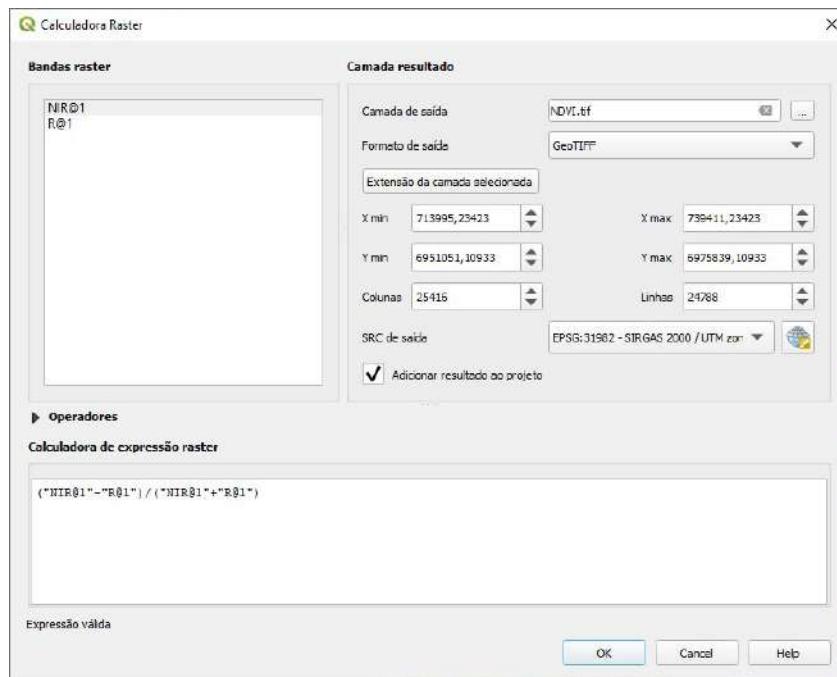
Após a geração da camada de declividade, muita informação pode ser extraída, como servir de base para a delimitação da área de preservação permanente de declividade, auxílio na execução do projeto geométrico de rodovias e ferrovias, realização de cálculo de volume etc.

3.4 CALCULADORA RASTER

A calculadora raster é uma ferramenta muito importante devido à versatilidade. A partir dela, pode ser implementada uma infinidade de cálculos capaz de gerar ricas análises espaciais a partir dos dados matriciais. Alguns exemplos de operações realizáveis por meio da calculadora raster:

- Cálculo de análise multicritério por meio da técnica AHP.
- Reclassificação de valores de pixel.
- Operações de álgebras booleanas.
- Cálculo de Índice de Água da Diferença Normalizada (NWVI).
- Cálculo de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) etc.

FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO DO CÁLCULO DE NDVI



FONTE: O autor

Dessa forma, como pode ser visualizado, quando se tem o conhecimento das expressões matemáticas, como é o caso do NDVI, que é obtido pela razão entre a diferença da reflectância da banda infravermelho próximo (NIR) e a reflectância da banda vermelha (R), dividida, respectivamente, pela soma, é possível realizar muitas operações a partir da ferramenta.



Neste tópico, conhecemos apenas algumas ferramentas do software QGIS. Que tal conhecer o manual do usuário do software QGIS 3? Acesse: https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/index.html#.

4 AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS

Até o momento, conhecemos algumas ferramentas do software QGIS, as quais representam uma parcela muito pequena dos recursos que o software possui. Entretanto, muitas vezes, para se chegar ao resultado esperado, é preciso combinar o uso de mais de uma ferramenta, além de repetir o processo várias vezes, o que se torna oneroso, lento e com exposição a erros. Por que não automatizar esses processos por meio de scripts ou modelos espaciais?

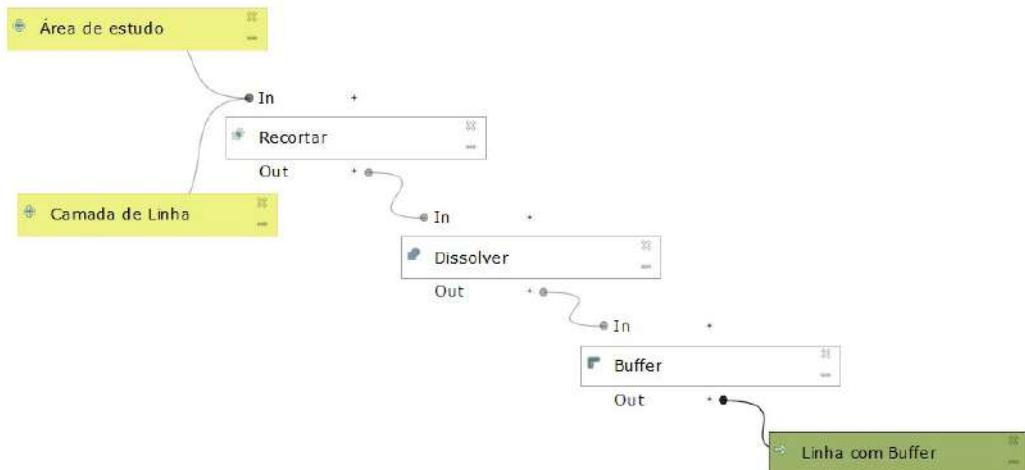
Modelos espaciais de SIG simplificam procedimentos convencionais; os fluxos de trabalhos são automatizados através da conexão de tarefas e processos, sendo permitida sua modificação, repetição em múltiplas vezes com apenas um clique no mouse, facilitando o gerenciamento do fluxo de trabalho e aumentando a eficiência do geoprocessamento (SCHALLER; MATTOS, 2009, p. 43).

A utilização de modelos espaciais ou de processos é muito conveniente nos mais diferentes projetos. É possível ter uma visualização rápida do resultado; são reduzidos o custo e o tempo de desenvolvimento e produção do produto; e, por fim, o modelo pode ser aprimorado com a experiência do usuário.

4.1 MODELADORES DE PROCESSOS

Uma das maneiras de automatizar processos é a partir da construção dos modeladores de processos. No software QGIS 3, essa modelagem pode ser construída a partir da ferramenta Graphical Modeler, enquanto no ArcGIS, com o uso do Model Builder. De maneira simples e sem a necessidade de conhecimento da linguagem de programação, ambas as ferramentas são capazes de solucionar problemas complexos.

FIGURA 29 – VISÃO GERAL DE UM FLUXO DO GRAPHICAL MODELER



FONTE: O autor

A modelagem apresentada, que foi desenvolvida no *Graphical Modeler* ou Modelador Gráfico do software QGIS 3, é relativamente simples, e tem a intenção de facilitar o entendimento de uma automatização de processos. O modelo em questão possui duas entradas de dados (retângulos amarelos), três processos (retângulos brancos) e uma saída de dados (retângulo verde), sendo, suas funcionalidades:

- Recortar uma camada de linha em função da área de estudo (camada de polígono).
- A partir da camada de linha “recortada”, aplicar a ferramenta *dissolve* para dissolver as linhas em uma só.
- A partir da camada de linha “recortada e dissolvida”, aplicar um *buffer*.

Veja que o modelo é simples, mas, se essa atividade fosse realizada repetidas vezes em um dia, por exemplo, já se eliminaria a necessidade de fazer dois processos, sendo apenas necessário “executar o modelo”.



Dominar ferramentas que automatizem processos na área de SIG pode ser um bom diferencial no mercado de trabalho. Que tal acompanhar a playlist do canal burdGIS, ensinando os primeiros passos? Acesse: <https://www.youtube.com/watch?v=s31K5jjk3AQ&list=PL8jLygUmAoswF110okh4MKAGtv>.

4.2 PYTHON

Uma outra forma de automatizar um processo é a partir do desenvolvimento de scripts (códigos) em Python, a linguagem de programação mais popular para atividades na área de SIG. Apesar de ser mais robusta e resolver problemas com mais flexibilidade, a utilização da Python exige, além de conhecimento mais avançado em lógica de programação, o entendimento da sintaxe da linguagem.

Entretanto, Python é uma linguagem de rápido aprendizagem, e o seu domínio está sendo cada vez mais requisitado no mercado de trabalho. Ressalta-se que, no ArcGIS, é utilizada uma biblioteca de Python, chamada de ArcPy, enquanto no QGIS, é a biblioteca PyQGIS. A seguir, a título de exemplificação, será desenvolvido um código em ArcPy, cujo objetivo é listar, em um arquivo CSV, os arquivos shapefiles em determinado endereço com as informações dos nomes e campos, como nome (coluna), tipo e extensão.

QUADRO 13 – CÓDIGO PARA LISTAR SHP E SEUS ATRIBUTOS

```
import arcpy
import csv

arcpy.env.workspace = input('Inserir endereços onde estão salvos os Shapefiles: ')

shapes = arcpy.ListFeatureClasses()

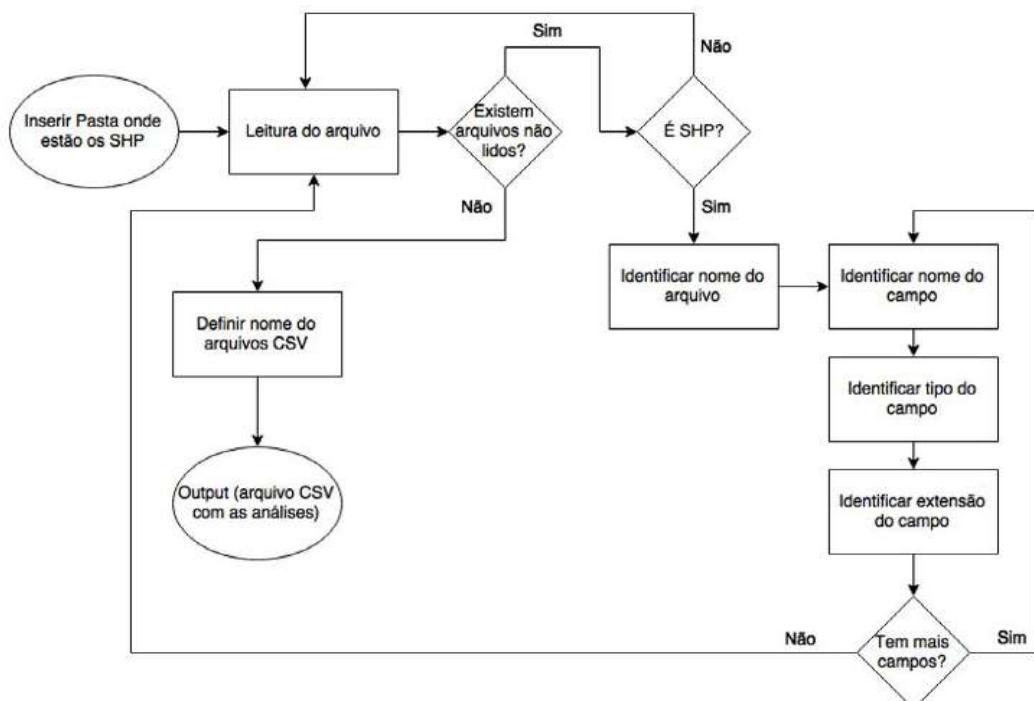
def toASCII(str):
    return str.encode('ascii', 'ignore').decode('ascii');

with open(input('Nome do arquivo csv: '), 'wb') as csvfile:
    streamWriter = csv.writer(csvfile, delimiter=',')
    streamWriter.writerow(['Nome arquivo', 'Coluna', 'Tipo', 'Extensão'])
    for shape in shapes:
        desc = arcpy.Describe(shape)
        geometryType = desc.ShapeType
        print(geometryType)
        fields = arcpy.ListFields(shape)
        for field in fields:
            streamWriter.writerow([toASCII(shape), toASCII(geometryType), toASCII(field.name),
field.type, field.length])
```

FONTE: O autor

Ficou confuso com o código implementado? Vamos, então, por meio do exposto a seguir, analisar a funcionalidade do código a partir de um fluxograma.

FIGURA 30 – FLUXOGRAMA



FONTE: O autor

Primeiramente, deve ser informada a pasta na qual estão os arquivos SHP. O segundo passo é identificar se existem arquivos não lidos, caso não, um arquivo CSV é criado e o processo é concluído. Caso seja identificado algum arquivo e ele ser do tipo SHP, no terceiro passo, é identificado o nome da camada e os atributos. Numa espécie de loop (laço), o processo se repete até que tenha sido realizada a leitura dos mais diversos arquivos.

Dessa forma, como explanado ao longo do Tópico 3, foi possível conhecer algumas ferramentas espaciais para dados vetoriais e matriciais do software QGIS e a importância de automatizar processos.

LEITURA COMPLEMENTAR

DESENVOLVIMENTO DE PLUGINS DO QGIS: PRIMEIROS PASSOS

Fernando Quadro

O QGIS é uma ferramenta brilhante para automação baseada em Python em forma de scripts personalizados ou, até mesmo, plugins. Os primeiros passos para escrever o código personalizado podem ser um pouco difíceis, já que você precisa entender a API do Python, que é um pouco complexa. A série de Desenvolvimento de Plugins do QGIS tem, como objetivo, o desenvolvimento de um plug-in personalizado totalmente funcional, capaz de gravar valores de atributos de uma camada de origem para uma camada de destino com base na proximidade espacial.

Nesta parte, mencionaremos o básico, o que é bom saber antes de começar.

1. Documentação

Diferentes versões do QGIS vêm com diferentes APIs do Python. A documentação deve ser encontrada em <https://qgis.org>, sendo, a mais recente, a versão 3.2. Observe que, se você acessar diretamente o site <http://qgis.org/api/>, verá os documentos atuais.

Alternativamente, você pode colocar o “apt install qgis-api-doc” no seu sistema Ubuntu e rodar “python -m SimpleHTTPServer[port]” dentro de “/usr/share/qgis/doc/api”. Você encontrará a documentação em “<http://localhost:8000>” (se você não fornecer o número da porta) e estará disponível mesmo quando estiver off-line.

2. Estrutura Básica da API

A seguir, uma visão resumida do que está disponível dentro da API:

- Pacote `qgis.core` traz todos os objetos básicos, como `QgsMapLayer`, `QgsDataSourceURI`, `QgsFeature` etc.
- O pacote `qgis.gui` traz elementos GUI, que podem ser usados dentro do QGIS, como `QgsMessageBar` ou `QgsInterface`.
- `qgis.analysis`, `qgis.networkanalysis`, `qgis.server` e `qgis.testing` pacotes que não serão abordados na série.
- Módulo `qgis.utils`, que vem com `iface` (muito útil no console do QGIS Python).

3. Console Python do QGIS

Usar o console Python é a maneira mais fácil de automatizar o fluxo de trabalho do QGIS. Pode ser acessado pressionando Ctrl + Alt + P ou navegando pelo menu em Plugins -> Python Console. Como mencionado, o módulo iface do qgis.utils é exposto por padrão dentro do console, permitindo interagir com o QGIS GUI. Experimente os exemplos a seguir, para fazer um teste inicial:

```
iface.mapCanvas().scale() # retorna a escala atual do mapa  
iface.mapCanvas().zoomScale(100) # zoom para escala 1:100  
iface.activeLayer().name() # obtém o nome da camada ativa  
iface.activeLayer().startEditing() # realizar edição
```

FONTE: <<https://www.fernandoquadro.com.br/html/2018/11/29/desenvolvimento-de-plugins-do-qgis-primeiros-passos-parte-1/>>. Acesso em: 3 set. 2020.



Como informado pelo autor, essa foi uma breve introdução à API do QGIS. Para acompanhar os próximos conteúdos, basta acessar o site: <https://www.fernandoquadro.com.br>.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Existem muitas ferramentas espaciais em um software de SIG, além de uma segmentação voltada para os dados vetoriais e, outras, para os matriciais.
- As ferramentas espaciais de *buffer*, recortar, interseção, união e dissolver são de uso exclusivo, para dados vetoriais.
- Nos softwares de SIG, como no QGIS e ArcGIS, é possível automatizar processos, podendo ser por meio de modeladores de processos ou através da linguagem de programação Python.



Ficou alguma dúvida? Construímos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.





- 1 A utilização do geoprocessamento para resolução de problemas espaciais é cada vez mais frequente. Os softwares de SIG possuem uma série de ferramentas muito poderosas. Qual dos itens a seguir é de uso exclusivo dos dados matriciais?
 - a) () *Buffer*.
 - b) () *Dissolver*.
 - c) () *Declividade*.
 - d) () *União*.
 - e) () *Interseção*.
- 2 Automatizar tarefas no ambiente SIG pode trazer muitos benefícios para um projeto, como: aumento da produtividade, padronização de processos, eliminação de erros provocados por humanos etc. Acerca das formas de automatizar tarefas nos softwares ArcGIS e QGIS, indique a opção INCORRETA:
 - a) () *Model Builder* (ArcGIS).
 - b) () *ArcPy*.
 - c) () *Graphical Modeler* (QGIS).
 - d) () *QGISPy*.
 - e) () *PyQGIS*.
- 3 As ferramentas computacionais, incluindo as de um SIG, possuem, como características, a entrada, o processamento e a saída de dados. Em um SIG, em alguns casos, a entrada é um dado vetorial e saída matricial, mas sempre possuem uma estrutura e objetivos estabelecidos. Leia, com atenção, as funções das ferramentas de um SIG:
 - I- A ferramenta *buffer* tem, como objetivo, delimitar uma área de influência ou borda (*buffer*). A distância de delimitação pode ser fixa ou dinâmica (presente em um campo da tabela de atributos).
 - II- A ferramenta interseção tem, como objetivo, extrair as feições sobrepostas das camadas de entrada e de sobreposição, gerando uma camada na qual os limites e as informações alfanuméricas fazem referência à interseção das duas camadas citadas.
 - III- A ferramenta união tem o objetivo de extrair as feições sobrepostas das camadas de entrada e de sobreposição, gerando uma camada na qual os limites e as informações alfanuméricas fazem referência à interseção das duas camadas citadas.
 - IV- A ferramenta dissolver tem, como objetivo, dissolver os limites de feições vizinhos de uma mesma camada em uma só. O processo também pode ser controlado a partir de informações alfanuméricas contidas em uma tabela de atributos.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Apenas a alternativa I está correta.
- b) () Apenas as alternativas I e II estão corretas.
- c) () Apenas as alternativas I e III estão corretas.
- d) () Apenas as alternativas I, II e IV estão corretas.
- e) () Apenas as alternativas I, III e IV estão corretas.

REFERÊNCIAS

- BEIER, J. R.; MARHTIN, D. Aspectos da representação do território paulista em sua cartografia impressa: uma análise cartobibliográfica (1833-1932). **Confins**, São Paulo, n. 34, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12809>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ET-ADGV) Versão 3.0**. Brasília, DF: Departamento de Ciência e Tecnologia, 2018a. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1abNPvOd48cJ:www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-ADGV_3.0_211218.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Caderno de instrução de geoinformação**. Brasília, DF: Exército Brasileiro; Estado Maior do Exército, 2018b. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/CI_Geoinfo_1aEdicao_211218.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério Do Planejamento. **Metodologia de conversão de dados geoespaciais da SPU**: capítulo georreferenciamento. Brasília, DF: Secretaria do Patrimônio da União, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento/patrimonio-da-uniao/programa-de-modernizacao/linha-do-tempo/10-metodologia-de-conversao-de-dados-cap-georreferenciamento-v-2-0.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais**. Brasília, DF: Departamento de Ciência e Tecnologia, 2016a. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da especificação técnica para produtos de conjuntos de dados geoespaciais**. Brasília, DF: Departamento de Ciência e Tecnologia, 2016b. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET_PCDG_2016_2aEdicao_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre**. Brasília, DF: Departamento de Ciência e Tecnologia, 2016c. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-ADGV_3.0_211218.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual de campanha**. Brasília, DF: Exército Brasileiro; Estado Maior do Exército, 2014. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/85/1/EB20-MC-10.209.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008**. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial [da] União, 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual técnico T 34- 700**. Convenções cartográficas – 2^a parte: catálogo de símbolos. Brasília, DF: Exército Brasileiro; Estado Maior do Exército, 2000. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/T_34700_P2.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual técnico T 34- 700**. Convenções cartográficas – 1^a parte: normas para o emprego de símbolos. Brasília, DF: Exército Brasileiro; Estado Maior do Exército, 1998. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/T_34700_P1.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

CONCAR – COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Especificação técnica para estruturação de dados geoespaciais vetoriais (ET-EDGV)**. Brasília, DF: CONCAR, 2017. Disponível em: https://www.concar.gov.br/temp/365@ET-EDGV_versao_3.0_2018_05_20.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

CONCAR – COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Perfil de metadados geoespaciais do Brasil (Perfil MGB)**. 2. ed. Brasília, DF: CONCAR, 2011. Disponível em: https://www.concar.gov.br/pdf/111@Perfil_MGB_homologado_nov2009_v1.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

ESRI. What are Data Driven Pages? **ArcMap**, [S. l.], c2019. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/map/page-layouts/what-are-data-driven-pages-.htm>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ESRI. What is Raster Data? **ArcMap**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>. Acesso em: 18 jun. 2020.

ESRI. About GIS: components of a GIS. **Rst2.org**, [S. l.], 7 jul. 1998. Disponível em: https://www.rst2.org/ties/GENTOOLS/comp_gis.html. Acesso em: 18 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução à infraestrutura nacional de dados espaciais - INDE**. Rio de Janeiro: IBGE. 2020. (Unidade 1 – Infraestrutura de dados espaciais). Disponível em: https://treinamento.inde.gov.br/treinamento/pdf/INDE--unidade01_IDEs_v07.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfico escolar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101627.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Spring: tutorial de geoprocessamento: classificação de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 26 jun. 2020.

MACHADO, R. P. P.; KAWAKUBO, F. S. **Sensoriamento remoto aplicado à geografia: sensores**. 2020. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/367706/mod_resource/content/2/Aula4SR.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

MACIEL, A. M.; VINHAS, L.; CÂMARA, G. Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens usando a extensão espacial PostGIS Raster em imagens de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: INPE, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0909.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2020.

MARTIN, L. Drone versus satélite: vantagens e desvantagens. **EngSat**, Curitiba, c2020. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/drone-satelite-fotoarea/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

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.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2: passo a passo**. Alegre: Caufes, 2010. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_Spring_5.1.2_Aplicacoes_Praticas/LivroSPRING512PassoaPassoAplicacaoPratica.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

SANTOS, A. R. dos; SILVA, R. G. da; SOUZA, K. B. de. **Fundamentos teóricos de geotecnologias**: módulo 01 - elementos de cartografia. Porto Alegre: UFES, 2016. (Apostila). Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo_Elementos_Cartografia/Apostila_Modulo_01_Capitulo_01.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

SCHALLER, J.; MATTOS, C. **ArcGIS ModelBuilder applications for landscape development planning in the region of Munich, Bavaria**. Valletta: Malta, 2009.