

## Capítulo 1

Aquisição de dados geográficos em plataformas livres para estudos ambientais em bacias hidrográficas

Carlos Wilmer Costa  
Luiz Eduardo Moschini  
Reinaldo Lorandi

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

COSTA, CW., MOSCHINI, LE., and LORANDI, R. Aquisição de dados geográficos em plataformas livres para estudos ambientais em bacias hidrográficas MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. *Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 15-33. ISBN 978-85-7455-443-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

# CAPÍTULO 1

---

## **Aquisição de dados geográficos em plataformas livres para estudos ambientais em bacias hidrográficas**

Carlos Wilmer Costa  
Luiz Eduardo Moschini  
Reinaldo Lorandi

---

### **Introdução**

Por muito tempo, as economias dos países têm estado centradas na exploração de serviços ecossistêmicos como o fornecimento de alimentos, energia, recursos minerais e água. Porém, tal modelo de desenvolvimento mostra-se precário e gera incertezas quanto a sua sustentabilidade (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; RAVENGA, 2005).

Em se tratando de recursos hídricos, o desenvolvimento insustentável, aliado à falta de planejamento em todos os níveis, tem afetado a sua disponibilidade e qualidade, comprometendo a capacidade de beneficiar um número maior de pessoas. Atualmente, segundo o *United Nations World Water Assessment Programme*, 1,2 bilhão de pessoas têm dificuldades de acesso à água de boa qualidade e, como agravante, a demanda mundial por água deverá aumentar em até 55% até 2050. A menos que se busque um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, o mundo terá de enfrentar um déficit hídrico cada vez maior (WWAP, 2015).

Paralelamente, a agricultura é responsável pelo uso de 70% da água retirada de aquíferos, rios e lagos, sendo que nos últimos 50 anos a área irrigada mais que dobrou. De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, para 2050, é esperado um aumento de 70% na produção mundial de alimentos; e nos países em desenvolvimento esse aumento poderá ser de 100%, o que deve agravar a escassez hídrica (FAO, 2011). Além disso, de acordo com a *International Energy Agency*, também

é esperado um aumento de 20% na utilização da água para geração de energia até 2035 (IEA, 2012). Com relação às águas subterrâneas, as quais são intrinsecamente ligadas às superficiais, calcula-se que 20% dos aquíferos são sobreutilizados, levando a um declínio dos níveis piezométricos (CAMP; WALRAEVENS, 2008).

Diante deste cenário de comprometimento e, ao mesmo tempo, de desconfianças quanto à sustentabilidade hídrica atual e futura, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é um instrumento de gerenciamento de uso e ocupação do solo com aceitação global, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos.

Segundo Tucci e Mendes (2006), todas as superfícies destinadas a áreas urbanas e industriais, agropecuária ou preservação estão inseridas em alguma bacia hidrográfica. No seu exutório, por meio do rio principal, dá-se o resultado da interconexão entre o meio físico e as atividades antrópicas, isto é, ali estão representadas as consequências das formas de uso e ocupação do solo. No Brasil, desde a promulgação da Lei Federal 9.433, de 1997, e da Resolução 001, de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a bacia hidrográfica é considerada como unidade de planejamento. Em ambiente acadêmico, os estudos que adotam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento são expressivos, abrangendo temas variados. Além disso, muitos desses estudos têm como objetivo auxiliar os tomadores de decisão no planejamento ambiental.

Na perspectiva moderna, tendo por base a necessidade de se realizar uma análise ambiental integrada com vistas ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas, toda ação de planejamento do território deve incluir os meios físico, biótico e antrópico, bem como suas inter-relações. Entre as geotecnologias empregadas na análise ambiental integrada, McKinney et al. (1999) enfatizam que o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é de grande relevância. Medeiros e Câmara (2001) apontam que, em pelo menos cinco áreas de estudos ambientais, é cada vez maior o uso do SIG: mapeamento temático (como os de geologia, geomorfologia, solos e cobertura vegetal), diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento territorial e prognósticos ambientais.

Para alimentar um banco de dados em ambiente SIG, são necessárias informações espaciais. Normalmente, os dados espaciais têm sido fornecidos de duas formas: impressos ou em formato digital. Nas últimas décadas, a *web* tem exercido um papel importante na difusão e acesso

a dados digitais, liberados por diferentes instituições governamentais e privadas (CULSHAW; JACKSON; GILLES, 2006). Segundo Carvalho e Di Maio (2011), grande parte das informações ambientais pode ser adquirida por meio de *web-services* em plataformas livres (*open access*), o que torna possível para pesquisadores, planejadores ou outros interessados a obtenção de dados secundários com maior facilidade. Por exemplo, as imagens de satélites, disponibilizadas e atualizadas diariamente, fornecem dados consistentes da superfície da Terra, permitindo aos cientistas detectar mudanças e tendências no ambiente (FLORENZANO, 2005). No Brasil, as principais fontes de dados secundários ambientais estão vinculadas a órgãos governamentais tanto federais quanto estaduais. Nos *sites* desses órgãos é disponibilizado um amplo banco de dados georreferenciados para *download*.

O acesso e o fornecimento de informações aos usuários pelas plataformas de dados dependem de variáveis como a qualidade dos dados, a escala espacial e temporal e acordos sobre o uso de dados; sendo ainda que os mesmos devem estar tanto quanto possível disponíveis para uso em um SIG (ROEHRIG, 2002). Outra dificuldade é como lidar com tal riqueza de informações, visto que os arquivos de dados possuem diversos formatos e o pesquisador nem sempre está familiarizado com tais extensões. Na prática, observa-se uma grande variedade de formatos para armazenar e disponibilizar os dados, o que exige a leitura e conversão desses dados (ALMEIDA et al., 2009).

Nesse contexto, este capítulo apresenta fontes e métodos para aquisição de dados geográficos disponíveis para *download* em plataformas livres na *web* e que podem ser utilizados em estudos de bacias hidrográficas. A fim de atingir tal objetivo, faz-se num primeiro momento a diferenciação entre dados vetoriais e matriciais (*raster*), incluindo exemplos de formatos de arquivos mais utilizados em ambiente SIG. No momento seguinte, é discutida a obtenção de dados relevantes para estudos ambientais, como: limites de municípios brasileiros, cartas topográficas, mapas geológicos, mapas pedológicos, unidades de conservação, imóveis rurais certificados, rede de drenagem e sub-bacias do estado de São Paulo, Modelo Digital de Elevação (MDE) para todo o Brasil, formas das encostas, imagens de satélites e dados censitários.

## Aquisição de dados vetoriais e matriciais

Neste ponto, há de se fazer uma distinção fundamental de como os dados de mapas são representados: na sua forma vetorial e matricial. Alguns tipos de dados estão associados a certos tipos de representações. Por exemplo:

**Mapas temáticos:** podem ser tanto matriciais como vetoriais;

**Mapas cadastrais:** seus temas estão vinculados a coordenadas vetoriais e a um banco de dados onde são armazenadas as informações não gráficas;

**Imagens de sensoriamento remoto:** representação matricial;

**Modelos Digitais de Elevação (MDE):** podem ser matriciais ou grades triangulares (vetorial).

A seguir, segue uma breve descrição das formas de representação vetorial e matricial. Com isso, será possível verificar a diferença entre os tipos de dados geográficos que podem alimentar um banco de dados no SIG.

Na representação vetorial, os limites das feições são definidos por uma série de pontos que, quando unidos, formam o desenho gráfico de cada feição. Os pontos são codificados com um par de números representando as coordenadas **x** e **y** em sistemas como latitude/longitude ou em UTM (*Universal Transversa de Mercator*). Uma sequência aberta de pares ordenados de vértices pode criar uma linha; e uma sequência fechada, um polígono. Cada um desses objetos espaciais pode estar ligado a um banco de dados com informações das feições (EASTMAN, 1995; CHEN; WEN; YUE, 2014).

Os dados vetoriais podem ter diferentes formatos de representação. Dentre os padrões mais comuns estão as extensões **.shp**, **.dwg**, **.dxf**, **.kml** e **.kmz**.

Os dados derivados de programas como o CAD (*Computer Aided Design*) são armazenados sempre em arquivos únicos. Diferentemente, os dados provindos de SIG estão sempre acompanhados de vários arquivos, pois armazenam várias informações, como por exemplo, de geometria (pontos, linhas ou polígonos), das feições (que estão ligadas a um banco de dados e geralmente estão na forma de tabela - **.dbf**) e de definição do sistema de projeção cartográfica (coordenadas geográficas).

Globalmente, o *shapefile* (extensão **.shp**) é o formato vetorial mais utilizado. Esse formato foi originalmente desenvolvido pela empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), criadora do SIG ArcGIS.

Atualmente, o formato *shapefile* é suportado por diversos programas de geoprocessamento, como o Quantum GIS e muitos outros. Como dito anteriormente, por ser criado em ambiente SIG, o formato *shapefile* é composto por vários arquivos distintos (extensões **.dbf**, **.prj**, **.sbn**, **.sbx**, **.shp**, **.shx**). Cada um tem uma função específica e armazena um tipo de informação.

A extensão **.dwg** (*Autodesk's Design Web Format*) corresponde ao formato padrão, no qual são feitos todos os desenhos básicos no *software* AutoCAD. A Autodesk criou o **.dwg** em 1982 ao lançar a primeira versão do AutoCAD, e ele contém todas as informações inseridas pelo usuário.

A extensão **.dxf** (*Drawing Exchange Format*) corresponde ao formato de exportação de arquivos CAD. A intenção inicial da Autodesk era fornecer uma representação exata dos dados produzidos no AutoCAD, mas atualmente esse formato tornou-se padrão mundial na exportação de dados vetoriais. Normalmente, desde que se faça a conversão dos dados, não há problemas de compatibilidade entre diferentes SIG.

De acordo com a *Open Geospatial Consortium*, a Google apresentou o formato KML (*Keyhole Markup Language*) como padrão internacional para exibir dados geográficos em navegadores *on-line* como o *Google Earth* e o *Google Maps*. O formato KML permite que se trace diretamente no *Google Earth* pontos, linhas e polígonos e os compartilhe, reciprocamente, com outros aplicativos (OGC, 2015). Segundo a Google, neste formato, os dados científicos, como mapas de recursos naturais ou tendências geográficas, podem ser facilmente compartilhados. Os arquivos em extensão **.kmz** permitem que se empacote vários arquivos juntos, comprimindo o conteúdo para tornar o *download* mais rápido. Deste modo, pode-se agrupar imagens ao arquivo KML (GOOGLE, 2015).

No sistema matricial, a área de estudo é subdividida numa grade de células uniformes (*picture element - pixel*). As grades de dados podem ser como imagens ou planos de informação e são incapazes de fornecer informação em resolução mais fina do que a célula individual. Os sistemas matriciais têm poder analítico substancialmente maior que os sistemas vetoriais em relação ao espaço contínuo. E também são os mais adequados no estudo de dados que variam continuamente no espaço (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001; MALCZEWSKI, 2004).

Os arquivos matriciais podem ser armazenados e utilizados em diferentes formatos, com maior ou menor qualidade de imagem. Pode-se, por

exemplo, variar entre centenas e até milhares de cores; o que, por sua vez, chega a aumentar consideravelmente o tamanho do arquivo. Ritter e Ruth (1997), Vinhas (2006), Siqueira (2008) e OGC (2015) esclarecem sobre os formatos mais comuns para representação matricial de dados geográficos: TIFF, GeoTIFF e JPEG.

A extensão **.tif** ou **.tiff** (*Tagged Image File Format*) foi desenvolvida como formato padrão de imagens no ambiente comercial. Tal formato oferece grande variedade de cores e excelente qualidade de imagem, o que aumenta consideravelmente o tamanho dos arquivos. Embora possam ser compactados sem perda de informação.

A extensão **.geotiff** é específica para o armazenamento de dados matriciais geográficos. A diferença é que nessa extensão são definidas as informações cartográficas e geodésicas associadas a uma imagem TIFF. Dessa forma, o conteúdo de uma imagem GeoTIFF inclui sua projeção cartográfica, Datum e outras variáveis geográficas. Nos dias atuais, essa extensão é aceita globalmente como padrão de intercâmbio de dados matriciais.

A extensão **.jpg** ou **.jpeg** (*Joint Photographic Experts Group*) corresponde a um dos formatos mais populares da *web* por aliar duas características importantes: oferece níveis razoáveis de qualidade de imagem e gera arquivos de tamanho pequeno quando comparados a outros formatos, facilitando o armazenamento e distribuição.

A seguir, em virtude da variedade dos dados secundários disponíveis, optou-se por apresentar a forma de aquisição dos mesmos, separadamente, em três itens.

## Aquisição de dados vetoriais

Aqui são listadas maneiras de se obter dados geográficos no formato vetorial.

No Brasil, a principal fonte de dados cartográficos é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No site deste instituto, na seção “Geociências”, sob a aba “*Downloads*”, estão disponibilizadas algumas opções de dados na forma de pastas. Por exemplo, na pasta “malhas digitais”, acessando a subpasta “município\_2013”, pode-se fazer o *download* dos limites dos municípios brasileiros. Estes arquivos estão compactados (**.zip**) e organizados em outras subpastas para cada Unidade da Federação. Depois de descompactados, eles aparecem no formato *shapefile*. Após cada criação

de novos municípios ou realização do censo, o IBGE lança uma nova malha digital com os limites municipais atualizados. Normalmente, opta-se pelos dados mais recentes, que já utilizam o SIRGAS 2000 como sistema geodésico de referência espacial.

Vale ressaltar que, a partir de fevereiro de 2015, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) passou a ser o sistema geodésico de referência adotado oficialmente no Brasil (IBGE, 2015). A diferença entre os sistemas de referência anteriormente adotados (Córrego Alegre e *South American Datum* 1969 – SAD 69) e o SIRGAS 2000 é que: os primeiros adotavam uma definição/orientação topocêntrica, na qual o ponto de origem e orientação está na superfície terrestre; enquanto, no segundo, a definição/orientação é geocêntrica, na qual a origem dos seus três eixos cartesianos é localizada no centro de massa da Terra. Além disso, enquanto que para os sistemas anteriormente adotados foram utilizadas técnicas de triangulação e poligonização, no SIRGAS 2000, foram empregados os sistemas globais de navegação (posicionamento) por satélites, *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) (IBGE, 2005).

As cartas topográficas na escala 1: 50.000 são de extrema importância, pois contêm informações de curvas de nível, rede hidrográfica, malha viária, entre outras. Elas também servem de base cartográfica para diferentes mapas temáticos, como os geológicos, geomorfológicos, pedológicos, entre muitos outros.

Para ter acesso às cartas topográficas no formato vetorial, deve-se seguir os seguintes passos: no *site* do IBGE, acessar a opção “Produtos e Serviços” sob a aba “Canais”, seguidas de “Loja Virtual” e “Procure na Loja”. Neste campo, deve-se escrever o nome ou código da carta topográfica de interesse e clicar em “Ok”. Como resultado da busca, aparecerá a carta; e, clicando sobre ela, surgirá uma opção para *download* gratuito. Clicando em *download*, deve-se optar, entre os formatos disponíveis, por DGN (DesiGN file), que corresponde ao formato de arquivo CAD. Lembrando que estes dados estão compactados.

Depois de descompactá-los, são gerados oito arquivos vetoriais para cada carta topográfica, agrupados nas seguintes categorias: hidrografia (hd), hipsografia (hp), sistema viário (sv), localidade (lc), obra e edificação (oe), ponto de referência (pr), limite (lm) e vegetação (vg). Vale mencionar que algumas das informações estão defasadas, como é o caso do sistema viário e obra e edificação (dados de 1971). Outros dados, como hipsometria e hidrografia, ainda podem ser utilizados.



Também é importante destacar que, ao vetorizar as cartas topográficas, o IBGE adotou o Datum SAD 69, que era um dos sistemas geodésicos de referência utilizado no Brasil. Tal sistema utiliza o metro (m) como unidade de projeção. No entanto, o IBGE utilizou quilômetro (km) como sistema de medida para vetorização das cartas. Por isso, no SIG, é preciso alterar a unidade de medida do Datum SAD 69 de “metros” para “quilômetros”. Na sequência, deve-se converter os dados vetoriais para o Datum SIRGAS 2000.

O próximo passo refere-se à conversão dos dados vetoriais de DGN (.dgn) para qualquer um dos formatos compatíveis com o SIG utilizado. No caso do ArcGIS 10.2, os arquivos devem ser convertidos para o formato *shapefile* (ESRI, 2013). Antes de fazer o uso destas cartas, recomenda-se acessar o memorial descritivo em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/vetori.shtm>. Nas “Especificações Técnicas de Vetorização das Cartas Topográficas”, pode-se encontrar a metodologia adotada para vetorização das cartas topográficas (IBGE, 2014).

Conhecimentos básicos sobre a utilização do Geobank (Banco de Dados de Informação Geocientífica) estão disponíveis no *site* da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM): [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br). Localize o Geobank (<http://geobank.cprm.gov.br>) no menu em destaque no lado direito da tela. Nele é disponibilizada uma base de dados e mapas para obtenção de geoinformações como: Mapas de Geodiversidade, Mapas Geológicos dos Projetos da CPRM e de convênios com universidades nas escalas 1: 250.000 e 1: 100.000, Mapas Geológicos Estaduais, Mapas Hidrogeológicos, Mapa Geológico do Brasil nas escalas 1: 1.000.000 e 1: 2.500.000, entre outros.

A opção “Downloads” possibilita as seguintes escolhas: arquivos vetoriais (mapas temáticos em formato *shapefile*), arquivos no formato KML e mapas em PDF. E também é possível consultar “notas explicativas”, que são os relatórios técnicos dos mapas.

Os arquivos no formato *shapefile* encontram-se compactados. Depois de descompactá-los, numa pasta de sua preferência, eles estarão prontos para serem manipulados no aplicativo ArcGIS. Ao abrir os arquivos KML, estes serão visualizados diretamente no aplicativo *Google Earth*.

A CPRM também disponibiliza em torno de 100.000 documentos, incluindo mapas e relatórios técnico-científicos, que podem ser livremente acessados através do ícone “Biblioteca Virtual – Acesso Livre”.

Os arquivos vetoriais no formato *shapefile*, acompanhados de um banco de dados das unidades de conservação brasileiras estão disponíveis para *download* por meio do aplicativo *on-line* “i3Geo” (Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento) disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/mma/openlayers.htm?855m1oii56mm70irt37p-0f9s91> (MMA, 2015). A partir deste, na aba “Aplicativos”, seleciona-se a opção “*Download de Dados*”, onde pode-se encontrar uma lista de temas disponíveis. Na árvore de opções apresentada, seleciona-se “Áreas Especiais” e, posteriormente, “Unidades de Conservação (UCs)”. A seguir, abrir-se-á uma janela para obtenção dos arquivos individualmente; sendo que também existe a opção de fazer o *download* de um único arquivo com todas as Unidades de Conservação. Ainda dentro da opção “Áreas Especiais”, na seção “Outras áreas”, o usuário tem acesso aos polígonos representativos das Terras Indígenas, Sítios Geológicos, Florestas Públicas e Geoparques.

Cabe ressaltar que no SIG utilizado, deve-se atribuir um sistema geodésico de referência, e, neste caso, utiliza-se o Datum *World Geodetic System 1984* (WGS 84). Em seguida, os dados obtidos devem ser convertidos para o Datum SIRGAS2000.

Segundo o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), a certificação dos imóveis rurais, criada pela Lei 10.267, de 2001, garante que os limites de determinado imóvel não se sobreponham a outros e que o georreferenciamento seja realizado de acordo com as especificações técnicas legais (INCRA, 2015).

As poligonais representativas dos imóveis rurais podem ser consultadas, assim como pode ser feito seu *download* em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.html?0lm42pv8i87e0voqlsdr46f6s0>.

Os dados, em formato *shapefile*, estão disponíveis na aba “Aplicativos”, acessando a opção “*Download de Dados*”. Na árvore exibida, deve-se optar por “Certificação de Imóveis Rurais” e “Convênios Regularização”. Toda a rede de drenagem do Estado está disponível para *download*, em formato *shapefile*, no site da Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados>), onde os arquivos estão compactados (SÃO PAULO. SMA, 2013a).

Após descompactados, eles aparecem em três grupos: no primeiro grupo, encontra-se toda a rede de drenagem do estado de São Paulo em coordenadas geográficas (lat/long), Datum SIRGAS2000. Já nos outros dois

grupos, o Estado é dividido entre os fusos 22S e 23S, sendo que os dados estão em UTM, Datum SIRGAS2000.

A rede de drenagem foi gerada por processo automático em ambiente SIG, tendo como base o MDE (Modelo Digital de Elevação), elaborado a partir das curvas de nível das cartas 1: 50.000; por esse motivo, pode haver uma generalização e ocultação de certos cursos d'água, havendo a necessidade de supervisão (SÃO PAULO. SMA, 2013a).

Os arquivos das sub-bacias hidrográficas do estado de São Paulo estão disponíveis para *download* no *site* da SMA/CPLA (<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/sub-bacias-do-estado-de-sao-paulo>). Tais arquivos encontram-se compactados para *download* e, depois de descompactados, estarão disponíveis em extensão **.shp**.

As sub-bacias foram delimitadas de forma automática, com auxílio da ferramenta ArcHydro do ArcGIS. A partir dos rios principais de cada Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI), foram identificados os afluentes e delimitadas as sub-bacias (SÃO PAULO. SMA, 2013b).

Para o uso desses dados e a correção de possíveis distorções quanto aos limites das sub-bacias hidrográficas, é recomendável proceder o controle manual com digitalização em tela, conforme proposto por Jansen (2009), utilizando como plano de fundo as cartas topográficas.

## **Aquisição de dados matriciais**

A seguir são apresentados exemplos de como coletar dados no formato matricial de diferentes atributos ambientais. Por iniciativa da Comissão Europeia, um importante acervo de mapas pedológicos abrangendo a América Latina está disponível para *download* em: [http://www.eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eudasm/latinamerica/lists/cbr.htm](http://www.eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/latinamerica/lists/cbr.htm).

Tal levantamento de dados intitula-se “*European Digital Archive of Soil Maps (EuDASM) - Soil Maps of Latin America and Caribbean Islands*” (SELVARADJOU et al., 2005) e conta com 1.060 mapas, dentre os quais 327 compreendem o território brasileiro. Estes incluem 37 mapas na escala maior que 1: 1.000.000, 258 na escala de 1: 250.000 a 1: 1.000.000, 13 na escala de 1: 100.000 a 1: 250.000, 18 na escala de 1: 25.000 a 1: 100.000 e um mapa na escala 1: 25.000. Boa parte dos mapas elaborados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na escala 1: 100.000 está disponível neste banco de dados.

O projeto Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPO-DATA) oferece livre acesso a variáveis geomorfológicas derivadas de dados SRTM (resolução espacial de aproximadamente 30 m) para todo o território nacional. Com isso, os pesquisadores têm ganhos operacionais e, principalmente, de velocidade na análise de dados e produção científica (VALERIANO, 2008).

Segundo Valeriano (2008), o MDE é um arquivo que contém registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel. Os registros altimétricos devem ser valores de altitude do relevo, idealmente, para que o MDE seja uma representação da topografia.

O MDE para todo território nacional está disponível para *download* no *site* do TOPODATA em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>. Ao abrir o *site*, verifica-se que os dados estão estruturados em quadrículas compatíveis com a escala 1: 250.000. A obtenção dos dados deve ser feita a partir da seleção da folha de interesse. Após essa seleção, aparecerá uma janela, e a opção “Altitude” deve ser escolhida. Imediatamente, iniciará o *download* de um arquivo **.zip**.

Após descompactado, constata-se que o mesmo se encontra em formato GeoTIFF. Já em ambiente de SIG, deve-se atribuir um sistema geodésico de referência, e, neste caso, utiliza-se o Datum WGS 84, seguido do SIRGAS2000. A partir do MDE, é possível extrair as curvas de nível, gerar o mapa hipsométrico, a carta de declividades, entre outros, em escala 1: 50.000.

Neste caso, o MDE foi gerado a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), disponibilizados gratuitamente pelo *United States Geological Survey* (USGS). Tais dados foram refinados da resolução espacial original de, aproximadamente, 90 m para 30 m por krigagem. Também foram corrigidas imperfeições como “buracos” na imagem.

O MDE do estado de São Paulo está disponível para *download* em formato TIF em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/modelo-digital-de-elevacao-mde-do-estado-de-sao-paulo/n>. O mesmo foi gerado a partir das curvas de nível em escala 1: 50.000, extraídas das cartas do IBGE, do Instituto Geográfico e Geológico (IGG) e do Departamento de Serviços Geográficos do Exército, com resolução horizontal de 30m (0,0002777 graus decimais). Os arquivos estão em coordenadas geográficas (lat/long), Datum SIRGAS2000 (SÃO PAULO. SMA, 2013c).

Dentre os produtos disponibilizados no TOPODATA, estão as classes de declividade, relevo sombreado, orientação e forma das vertentes, acessíveis através do endereço: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>. Nele, o território brasileiro está dividido em quadrículas na escala 1: 250.000. Ao selecionar a quadrícula desejada, surgirá uma janela com uma lista de arquivos disponíveis para *download*. Neste caso, deve-se optar pela “Forma de Terreno”. Depois de descompactados, verifica-se que os arquivos matriciais possuem formato GeoTIFF. No SIG adotado deve ser atribuído o sistema de referência espacial WGS 84, uma vez que os dados estão em coordenadas geográficas (lat/long). Posteriormente, os mesmos devem ser convertidos para o Datum SIRGAS2000.

Após adicionar os arquivos GeoTIFF à lista do ArcGIS, recomenda-se fazer o *download* das paletas não lineares (arquivos em extensão **.lyr**), pois são cruciais para a observação apropriada dos dados. Conforme ressaltado por Valeriano (2008), o uso apropriado destes produtos requer o conhecimento de aspectos prévios à sua obtenção, como as características dos dados e suas relações com propriedades do terreno, além dos conceitos e métodos envolvidos nas derivações e formas adequadas de representação, informações que podem ser obtidas no “Guia de Utilização do TOPODATA”, disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>.

Nas últimas décadas, com o crescimento da aplicação das ferramentas de geotecnologia, imagens de satélite e outros produtos geográficos tornaram-se mais facilmente acessíveis. Deste modo, diversos segmentos da sociedade passaram a utilizar imagens de satélite para diversas finalidades, como, por exemplo, as imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*.

Nos estudos ambientais, os de mapas de uso e ocupação do solo são geralmente elaborados a partir de imagens de média resolução espacial, disponibilizadas por órgãos governamentais, como o USGS, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e outros.

A melhor opção para pesquisa e obtenção de imagens Landsat é o *site* <http://earthexplorer.usgs.gov> (USGS, 2015). Para poder acessar o banco de dados desse órgão, deve-se fazer um cadastro. Após o cadastro, deve-se selecionar a área de interesse das seguintes formas: diretamente na tela, por meio de órbita/ponto ou através de um arquivo **.shp** ou **.kml**. Ressalta-se que são aceitos arquivos com um máximo de 30 pontos; neste caso, é aconselhado recortar a área de estudo com somente quatro pontos. Deve-se também atentar para as datas das imagens disponíveis.

Posteriormente, são apresentadas as opções de imagens na aba “*Data Sets*”, na qual se deve selecionar a opção “*Landsat Archive*” e depois “*Results*”. Para visualizar as cenas, uma opção é clicar em “*Show Browse Overlay*” que mostra instantaneamente a imagem sobreposta ao mapa. Se a imagem satisfizer as necessidades do usuário, deve-se clicar em “*Download Option*”. Na próxima janela, seleciona-se o conjunto de imagens brutas no formato GeoTIFF. Após o *download*, os arquivos de imagens devem ser descompactados para a pasta de trabalho no SIG utilizado.

## **Aquisição de dados censitários**

A seguir são apresentados exemplos de como coletar dados censitários. Dados históricos, como os disponibilizados pelo IBGE sobre a população e suas projeções, bem como dados do consumo de água para abastecimento industrial e humano (rural e urbano) são imprescindíveis para a quanti-qualificação dos processos hidrológicos (PORTO; AZEVEDO, 1997). No entanto, a aquisição de dados censitários para os estudos em bacias hidrográficas apresenta alguns inconvenientes técnicos, como o fato dos mesmos serem disponibilizados por municípios cujos limites não coincidem com aqueles das sub-bacias. Isso dificulta a sobreposição espacial das informações e a análise integrada dos meios físico, biológico, antrópico e socioeconômico.

Outra dificuldade é a interpretação e manipulação no SIG dos dados disponibilizados pelo IBGE, uma vez que estes, muitas vezes, aparecem nas planilhas na forma de códigos. Em função disso, são escassos os trabalhos que correlacionam informações demográficas e socioeconômicas com dados ambientais na escala de sub-bacia.

Para a aquisição de dados oriundos do censo demográfico a serem analisados em ambiente SIG, deve-se acessar o *site* do IBGE em <http://www.ibge.gov.br/home>, navegar até a aba “*Download*” e acessar a opção “*Geociências*”. Abrir-se-á, portanto, uma árvore de pastas, dentre as quais deve-se optar por “*malhas\_digitais*”, seguida por “*censo\_2010*” e, finalmente, por “*setores\_censitários*”. Verifica-se, nesta última que os dados estão compactados e separados por Unidades da Federação.

Para exemplificar tais procedimentos e como manipulá-los em ambiente SIG, serão utilizados os dados do estado de São Paulo. Ao escolher essa opção, inicia-se o *download* que deve ser salvo numa subpasta, de preferência intitulada “*censo*”, dentro da pasta de trabalho do SIG. No caso

do ArcGIS, verifica-se que o arquivo baixado possui os limites dos municípios (35MUE250GC\_SIR) e todas as subdivisões dos setores censitários (35SEE250GC\_SIR).

Para ter acesso aos dados brutos do censo na forma de planilhas, é necessário navegar até a aba “Estatísticas” e selecionar a opção “Censos”, seguida de “Censo\_Demográfico\_2010”, “Resultados\_do\_Universo” e, finalmente, “Agregados\_por\_Setores\_Censitários”. Nesta pasta, está disponível em “Documentacao\_Agregado\_dos\_Setores\_2010\_20150527.zip” o memorial descritivo “Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário”, com informações dos arquivos e possíveis códigos encontrados nas planilhas (IBGE, 2011). Logo, aconselha-se o estudo prévio deste documento. Ressalta-se que na pasta “Agregados\_por\_Setores\_Censitários”, os dados estão separados por Unidades da Federação. No caso do estado de São Paulo, tem-se informações da capital e do restante do estado.

Dando continuidade ao exemplo do estado de São Paulo, ao ser realizado o *download* do arquivo “SP\_Exceto\_Capital”, verifica-se que os arquivos estão disponíveis na forma de planilhas e no formato CSV ou EXCEL. Como exemplo, ao abrir a planilha “Basico\_SP2.xls”, ressalta-se que existem várias informações e que os nomes estão codificados. Neste ponto, deve-se acessar o arquivo de documentação para que seja verificado o significado de cada código que intitula as colunas.

No ArcGIS, deve-se extrair ou recortar as informações referentes à bacia hidrográfica estudada do arquivo que contém os setores censitários, no caso: “35SEE250GC\_SIR”. Porém, neste arquivo, ainda não consta nenhuma informação referente aos dados censitários, pois estes estão na forma de planilha no arquivo “SP\_Exceto\_Capital”.

Para adaptar e integrar as informações referentes aos setores censitários (35SEE250GC\_SIR) com o banco de dados na forma de planilha (SP\_Exceto\_Capital), é necessário efetuar alguns procedimentos no aplicativo ArcCatalog do ArcGIS, como se segue: clicando duas vezes sobre “Basico\_SP2.xls” será aberto outro arquivo, clicando sobre ele com o botão direito do *mouse*, é possível exportar essa informação no formato dBASE (.dbf) para a subpasta “censo”, criada anteriormente. Neste caso, na janela “Table to Table” do ArcCatalog, atribui-se um novo nome para a planilha a ser exportada. Na caixa “Field map”, deve-se clicar com o botão direito sobre “Cod\_setor”, escolhendo-se a opção “Propriedades”. Na janela “Output

*Field Properties*,” deve ser alterado, na caixa “Tipo”, o formato “*Double*” para “Text”, com tamanho de 20 caracteres.

Novamente, no ArcGIS, deve-se abrir o arquivo da bacia hidrográfica, que contém os dados dos setores censitários recortados anteriormente do arquivo “35SEE250GC\_SIR”. Ao clicar sobre o arquivo com o botão direito, navegue até a opção “*Joins and Relates*” e em seguida escolha “*Join*”. Na janela que será aberta, aparecerão algumas opções: na caixa “*What do you want to join to this layer?*”, escolha “*Join attributes from a table*”. Na caixa 1, escolha “CD\_GEOCODI”; na caixa 2, deve-se navegar até a subpasta “censo” e selecionar a planilha no formato dBASE (.dbf) criada anteriormente e a caixa 3 será preenchida automaticamente.

Deste modo, os dados censitários estarão prontos para serem analisados no ArcGIS. Por exemplo, o número de moradores na área de uma bacia hidrográfica pode ser utilizado para calcular densidade demográfica. Vale ressaltar que o mesmo procedimento de aquisição de dados pode ser utilizado para a obtenção de outras informações censitárias, como, por exemplo, renda e escolaridade.



## Referências

ALMEIDA, C. N. et al. Novas Tecnologias de Informações em Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 107-116, 2009.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, SP: INPE-10506-R-PQ/249, 2001.

CAMP, M. van; WALRAEVEENS, K. Recovery scenarios for deep over-exploited aquifers with limited recharge: methodology and application to an aquifer in Belgium. **Environmental Geology**, v. 56, p. 1505-1516, 2008.

CARVALHO, M. V. A.; DI MAIO, A. C. Proposta para a difusão de dados e informações geoespaciais disponíveis gratuitamente na Internet junto aos graduandos e professores da educação básica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2009, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3351-3358.

CHEN, M.; WEN, Y.; YUE, S. A progressive transmission strategy for GIS vector data under the precondition of pixel losslessness. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 1, n. 13, p. 3461-3475, 2014.

CULSHAW, M. G.; JACKSON, I.; GILES, J. R. A. The provision of digital spatial data for engineering geologists. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, v. 65, n. 2, p. 185-194, 2006.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows-user's guide**. Version 1.0. Worcester, Massachusetts: Clarks Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clarks University, 1995.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Versão 10.2. ESRI, 2013.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture.** Managing systems at risk. Rome and Earthscan, London: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

GOOGLE. **Keyhole markup language.** Disponível em: <<https://developers.google.com/kml/?hl=pt-br>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World energy outlook 2012.** Paris: OECD/IEA, 2012. Disponível em: <<http://www.worldenergyoutlook.org>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Base de informações do censo demográfico 2010:** resultados do universo por setor censitário. Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, Centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Resolução 01, de 25 de fevereiro de 2005.** Altera a caracterização do Sistema Geodésico brasileiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/leg.shtm>>. Acesso em: 23 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Resolução 01, de 24 de fevereiro de 2015.** Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_normas.shtm?c=14](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_normas.shtm?c=14)>. Acesso em: 23 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Vetorização de cartas topográficas.** Especificações técnicas. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/vetori.shtm>>. Acesso em: 24 mai. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Certificação de imóveis rurais.** 2015. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/certifica-imoveis-rurais-sigef>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

JANSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: INPE, 2009.

MALCZEWSKI, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. **Progress in Planning**, v. 62, n. 1, p. 3-65, 2004.

McKINNEY D. C. et al. **Modeling water resources management at the basin level**: review and future directions. SWIM Paper 6. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 1999.

MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. **Geoprocessamento em projetos ambientais**. São José dos Campos, SP: INPE-8568-PRE/4312, 2001.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Software i3Geo**. 2015 Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/mma/openlayers.htm?855m1oii56mm70irt37p0f9s91>>. Acesso em: 13 set. 2015.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM – OGC. **Glossary of terms**. 2015 Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary>>. Acesso em: 21 mai. 2015.

PORTO, R. L. L; AZEVEDO, L. G. T. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: PORTO, R. L. L. (Org.) **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1997. p. 42-95.

RAVENGA, C. Developing indicators of ecosystem condition using geographic information systems and remote sensing. **Regional Environmental Change**, v. 5, n. 4, p. 205-214, 2005.

RITTER, N.; RUTH, M. The GeoTiff data interchange standard for raster geographic images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 7, p. 1637-1647, 1997.

ROEHRIG, J. Information interoperability for river basin management. **Technology Resource Management & Development**, v. 2, p. 141-148, 2002.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Rede de drenagem do Estado de São Paulo obtida a partir da base do GISAT (cartas topográficas na escala 1:50.000) por processo automático.** São Paulo: CPLA/SMA, 2013a.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA. **Sub-bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.** São Paulo: CPLA/SMA, 2013b.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – SMA. Modelo Digital de Elevação (MDE) do estado de São Paulo obtido a partir da base do GISAT (cartas topográficas na escala 1:50.000). São Paulo: CPLA/SMA, 2013c.

SELVARADJOU, S. K. et al. **European Digital Archive of Soil Maps.** Soil Maps of Latin America and Caribbean Islands. 2005. Disponível em: <[http://www.eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eudasm/latinamerica/lists/cbr.htm](http://www.eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/latinamerica/lists/cbr.htm)>. Acesso em: 15 set. 2015.

SIQUEIRA, C. A. Arquivos digitais gráficos: a escolha entre diversos formatos existentes na computação gráfica. **Cadernos da Escola de Comunicação**, Curitiba v. 1, n. 6, p.1-8, 2008.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world.** Paris: UNESCO, 2015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Earth explorer.** 2015. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 14 jul. 2015.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA:** guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE-15318-RPQ/818, 2008.

VINHAS, L. **Um subsistema extensível para o armazenamento de geocampos em banco de dados geográficos.** 2006. 112 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2006.