

Preparação de bases de dados vetoriais do IBGE no ArcGIS para a geração de modelos digitais de elevação hidrograficamente condicionados (MDEHCs)

Vanessa Mendes Lana
Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro
Vicente Paulo Soares
Elias Silva
Sady Júnior Martins da Costa de Menezes
Cleverson Alves de Lima
Getúlio Fonseca Domingues
Thamires Pacheco da Silva
Robert Martins da Silva
Fabrício Rodrigues da Costa

Universidade Federal de Viçosa – UFV
Departamento de Engenharia Florestal – DEF
Avenida PH Rolfs, s/n - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{vanessa.lana, cribeiro, vicente, eshamir, sady.menezes, cleverson.lima, getulio.domingues, thamires.silva, robert.silva, fabricio.costa}@ufv.br

Abstract. Digital elevation models (DEMs) are widely used in environmental studies. They characterize the relief's dynamics and generate satisfactory hydrography representation. When the hydrography is imposed on the relief, we have what is called a HCDEM (hydrographically conditioned digital elevation model), which is the foundation for delineating the protected areas as set by the Brazilian Forest Code. Because of its importance, this paper describes the main steps for the preparation of a consistent geodatabase for generating HCMDEs in geographic information systems such as ArcGIS 9.3.1. We analyzed a portion of the Três Marias sub-basin, state of Minas Gerais, Brazil, which belongs to the São Francisco River basin. We used topographic and hydrographic data from the IBGE (Geography and Statistics Brazilian Institute) available as raster images. The maps were on a scale of 1:50,000. The images were georeferenced in ArcGIS 9.3.1 using UTM projection system, Zone 23S, datum Corrego Alegre, according with the grid reference available in vector format (dgn) at IBGE homepage. Later the images were converted to vector geodatabase. We conclude that there are three essential points: prepare watershed geodatabase, prepare topography geodatabase and impose the hydrography to relief. Thus, when the geodatabase is consistent, the HCDEM provides an adequate representation of the relief's dynamics and this ensure its use in environmental analysis.

Palavras-chave: geographic information systems, digital elevation models, geodatabase, sistemas de informações geográficas, MDEHC, base de dados geográficos.

1. Introdução

Estudos que envolvem análises ambientais têm se beneficiado grandemente do avanço dos sistemas de informações geográficas (SIGs). Isto porque, dentre outras vantagens, os SIGs oferecem um ambiente interativo de trabalho, no qual várias bases de dados robustas podem ser analisadas simultaneamente, proporcionando resultados com boa precisão, acurácia e confiabilidade. Além disso, as diversas formas de apresentação dos resultados (mapas interativos, visualizações em 3D, tabelas, gráficos, entre outros) ajustam-se dinamicamente para atender às necessidades dos usuários.

Neste sentido, os modelos digitais de elevação (MDEs) são considerados a base de muitos estudos ambientais. Eles representam o relevo de forma dinâmica e permitem uma melhor concepção dos diversos fatores do ambiente, os quais podem atuar como agentes causadores ou receptores de impactos ambientais. Os MDEs também podem ser utilizados para a

ortorretificação de imagens de satélites, uma vez que conferem praticidade e confiabilidade ao processo. Porém, os modelos digitais de elevação hidrograficamente condicionados (MDEHCs) são os mais indicados por apresentarem consistência da conformidade do relevo em relação à drenagem superficial.

Sensores como o ASTER, EROS-A, IKONOS II, QuickBird, SPOT-5 e SRTM são os mais comumente usados para obtenção de MDEs, dado o baixo custo de suas imagens e a disponibilidade para uma vasta região do globo terrestre. Entretanto, os MDEs podem ser gerados também a partir da interpolação de bases hidrográficas e hipsométricas obtidas de levantamentos aerofotogramétricos, como aqueles disponibilizados gratuitamente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no Brasil.

Diversos trabalhos relatam que MDEs obtidos por sensores ópticos possuem a desvantagem de apresentarem valores espúrios, restrições de definição à apresentação de dados em grandes escalas, inconsistência hidrológica, dentre outras (Camargo et al, 2009). Para corrigir ou minimizar estas incongruências faz-se necessário um pré-processamento dos dados de entrada.

Por esses motivos, quando a consistência hidrográfica é fator fundamental para a realização de um estudo ambiental, MDEs produzidos a partir de dados aerofotogramétricos geralmente possuem maior confiabilidade. No caso de dados disponibilizados pelo IBGE, a vetorização dos mapas a partir das imagens digitais (raster) de hidrografia e hipsometria é preferível aos vetores em formato CAD (*computer-aided design*), devido à sua melhor precisão e exatidão (Lima et al, 2010). Apesar de ser um processo semi-automatizado, a vetorização torna-se menos onerosa quando realizada no módulo ArcScan do ArcGIS, em comparação às mesas digitalizadoras, cuja qualidade da vetorização é mais limitada à interface usuário-software.

Contudo, mesmo utilizando-se dados aerofotogramétricos, tasi fontes precisam passar por uma série de etapas de pré-processamento para garantir que o MDEHC gerado seja o mais coerente possível com a verdadeira representação do relevo e sua drenagem.

Deste modo, neste trabalho propôs-se definir e realizar as principais etapas para a preparação de uma base de dados consistente no software ArcGIS, obtidas no site do IBGE, para a geração de um MDEHC, visando usos posteriores em monitoramentos ambientais.

2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizadas 11 cartas do IBGE (IBGE, 2010) contendo dados de hidrografia e curvas de nível em formato raster (TIFF), na escala 1:50.000, referentes a uma parte da bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, nomeadas: Bambuí (25691), Capitólio (26042), Furnas (26041), Lagoa da Prata (25692), Piumhi (25693), Rio Ajudas (25682), Rio Piuí (24684), São Roque de Minas (25681), Serra da Canastra (25672), Serra da Guarita (25674) e Vargem Bonita (25683). Fez-se necessário também utilizar as respectivas folhas de identificação das cartas (Figura 1), a partir das quais criou-se um único polígono para delimitar a área total de estudo.

As imagens foram georreferenciadas no ArcGIS 9.3.1 (ESRI, 2009), adotando-se o sistema de projeção UTM, Zona 23S e datum Córrego Alegre, em conformidade com a grade de referência de cada carta, disponibilizada em formato vetorial (dgn) no próprio site do IBGE. Os erros RMS (*Root Mean Square error*) obtidos durante o georreferenciamento foram inferiores a 0,5 m. Posteriormente, os dados foram projetado para o SIRGAS 2000 23S, oficialmente adotado no Brasil. A própria grade foi exportada como uma classe linear de feições para servir de referência na vetorização das imagens e articulação dos vetores durante os processos de edição.

De posse dos dados originais do IBGE, procedeu-se ao desenvolvimento das principais etapas para a confecção de uma base de dados vetorial consistente para geração do MDEHC no software ArcGIS 9.3.1. Para a configuração dos ambientes das ferramentas utilizadas consultou-se o *Help* do ArcGIS.

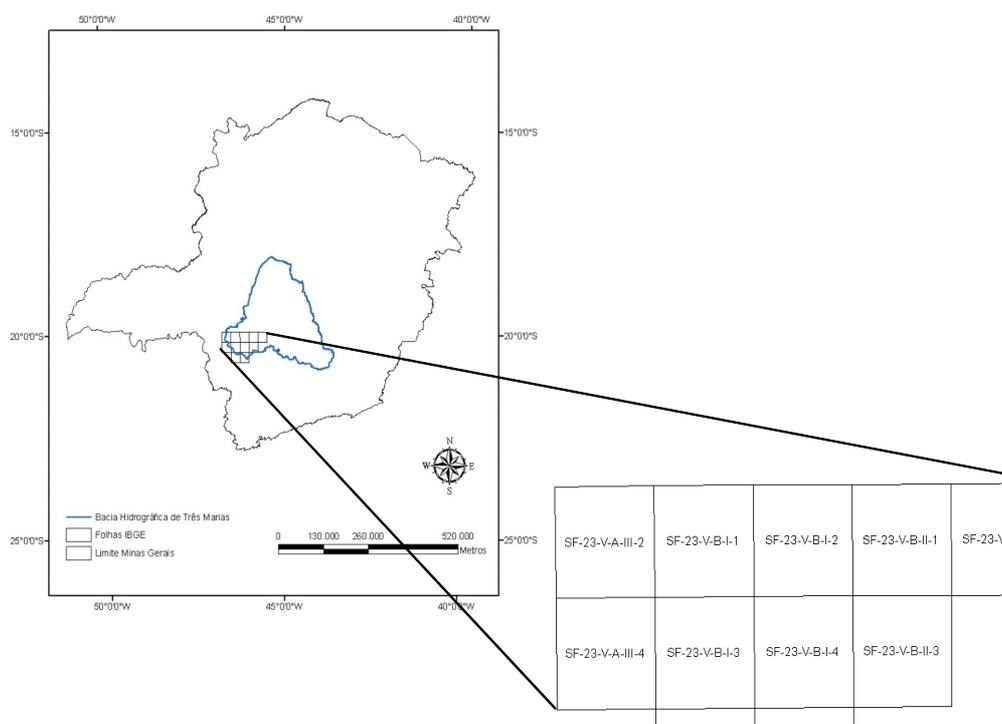


Figura 1. Localização da área de estudo: bacia hidrográfica de Três Marias, Minas Gerais, e as respectivas cartas do IBGE, na escala de 1:50.000, correspondentes à parte sudoeste da mesma.

3. Resultados e Discussão

3.1. Edição das imagens raster para vetorização

Para edição das imagens no módulo ArcScan é necessário que elas estejam configurados para representação em valores únicos (0 e 1) e que seja criada uma classe de feição linear vazia para receber os dados a serem posteriormente vetorizados.

As ferramentas de limpeza, disponíveis no *Raster Cleanup*, foram utilizadas para remoção das informações desnecessárias como nomes, números e sujeiras presentes nas imagens, deixando-se apenas os rios e outros tipos de corpos d'água (rios de margem dupla, lagos, lagoas, represas e TSIs - terrenos sujeitos à inundação), para os mapas hidrográficos, e as curvas de nível, para os topográficos. Para os corpos d'água em geral foi necessário retirar os preenchimentos dos polígonos, deixando apenas as linhas circundantes (Figura 2).

Para garantir melhor qualidade no processo de vetorização, realizou-se uma inspeção visual em todas as cartas para a correção de pixels incompletos e remoção dos indesejados. Após a vetorização no ArcScan realizou-se nova inspeção visual, desta vez com os mapas originais em raster, georreferenciados anteriormente, colocados como plano de fundo para aferir quaisquer inconsistências que possam ter permanecido.

A etapa de preparação das imagens para vetorização é de suma importância para as demais fases da edição da base de dados, uma vez que, quanto melhor a limpeza das imagens,

maior a qualidade dos vetores e conseqüentemente menos tempo será gasto na edição de possíveis imperfeições destes.

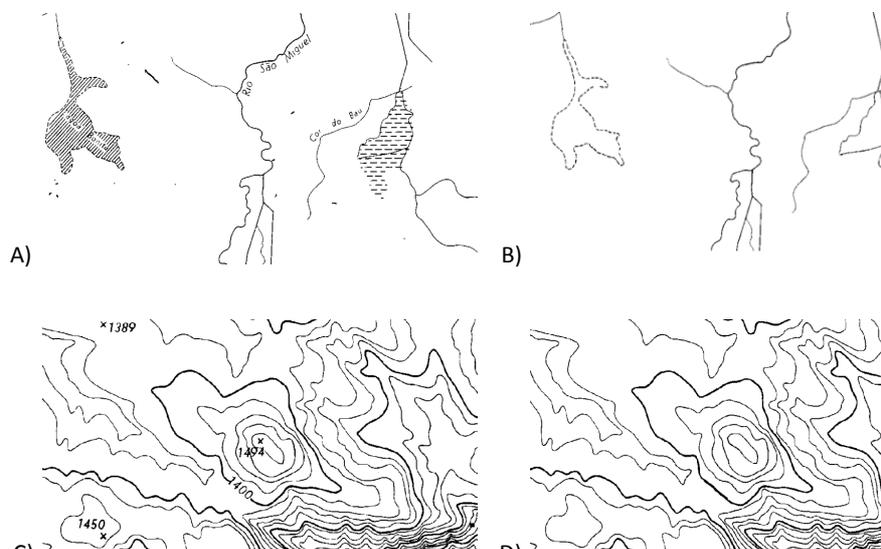


Figura 2. Pares de detalhes de imagens (raster), respectivamente, de hidrografia e topografia antes (A e C) e após as edições de limpeza no ambiente ArcScan pelas ferramentas *Raster Cleanup* (B e C).

3.2. Edição dos vetores da base hidrográfica

No ArcCatalog foram criadas topologias para cada carta vetorial de hidrografia corrigindo-se as imperfeições no ArcMap com base nas regras *Must Not Have (Dangles, Pseudos)* e *Must Not (Intersect, Self-Intersect, Overlap, Self-Overlap)*. Adicionalmente, as cartas de hidrografia foram analisadas individualmente pela criação de redes geométricas para averiguar a correta conectividade dos rios. Algumas inconformidades detectadas por estas ferramentas e as edições necessárias encontram-se ilustradas nas Figuras 3 e 4.

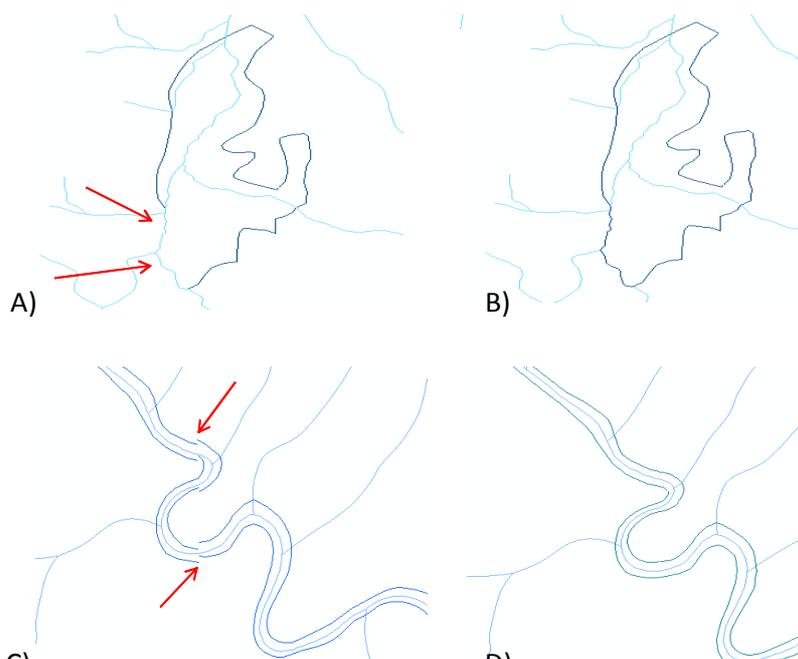


Figura 3. Alguns ajustes necessários durante a edição dos corpos d'água: A) uma área representativa de um terreno sujeito à inundação (TSI) com delimitação incompleta; B) ajuste da borda do TSI à hidrografia unifilar; C) descontinuidade de um rio de margem dupla numa região de duas cartas vizinhas; D) ajuste de borda entre as cartas para uniformização da delimitação do rio de margem dupla.

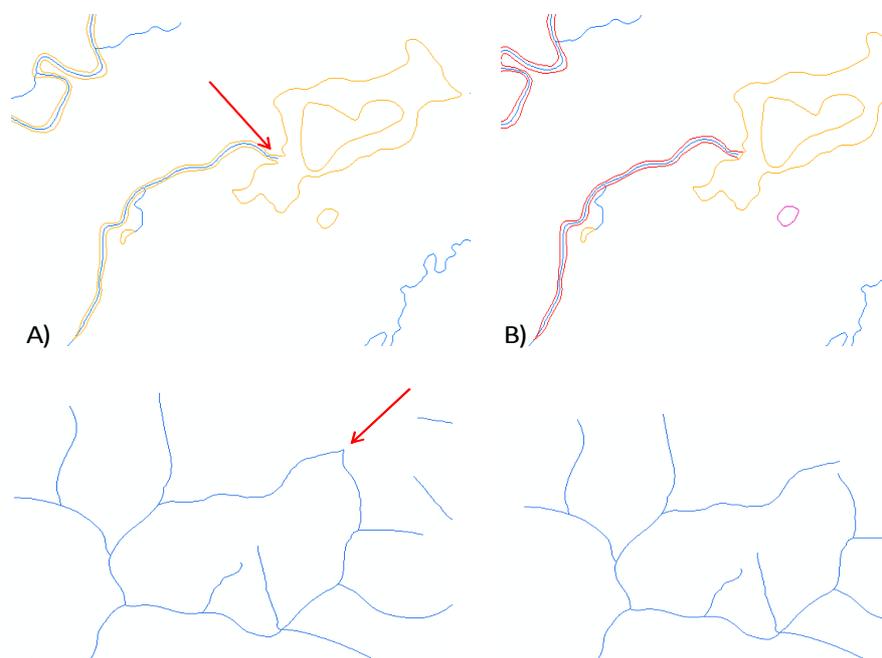


Figura 4. Alguns ajustes necessários durante a edição dos corpos d'água e hidrografia unifilar: A) lago em continuidade com rio de margem dupla; B) individualização do lago e rio de margem dupla pela criação de uma borda limítrofe individual; C) *looping* formado pela hidrografia unifilar; D) ajuste da hidrografia com base em consultas às cartas originais do IBGE em pdf.

Para criar uma única base hidrográfica que abrangesse toda a região de estudo foi preciso realizar o ajuste de bordas entre as cartas. Para tal, além das ferramentas do *Editor* e *Advanced Editing*, foi utilizado o ambiente *Spatial Adjustment*. Após a edição das bordas, novas topologias e redes geométricas foram criadas para averiguar a consistência da nova base hidrográfica gerada. Após a edição, as topologias e redes geométricas foram excluídas da geobase.

Para a geração do MDEHC é necessário identificar *Lakes* como áreas de depressão (lagos, lagoas e represas), *Sinks* como depressões reais (fozes, centroides e sumidouros), *Boundary* como o limite da região, *Point Elevation* como pontos cotados, *Contour* como as curvas de nível e *Stream* a hidrografia unifilar conectada orientada.

Portanto, os corpos d'água e rios de margem dupla foram individualizados da hidrografia unifilar e convertidos em polígonos. Para os lagos, lagoas e TSIs foram calculados seus centroides, enquanto para cada rio de margem dupla geraram-se as respectivas linhas de centro. Tais linhas representam de forma unifilar os rios de margem dupla, sendo utilizadas em substituição destes no restante da hidrografia.

Todas as fozes e regiões de carste foram identificadas e agrupadas com os centroides numa única classe de feições do tipo ponto. A hidrografia unifilar foi orientada na direção do escoamento, tendo sua conectividade garantida pelos processos anteriores de edição.

3.3. Edição dos vetores da base topográfica

Semelhantemente ao processo para hidrografia, as curvas de nível foram editadas individualmente pelas regras de topologia para eliminação de dados inconsistentes. A Figura

5 exemplifica algumas inconsistências observadas nas curvas de nível quando há falhas negligenciadas quando do processo de edição para vetorização dos rasters.

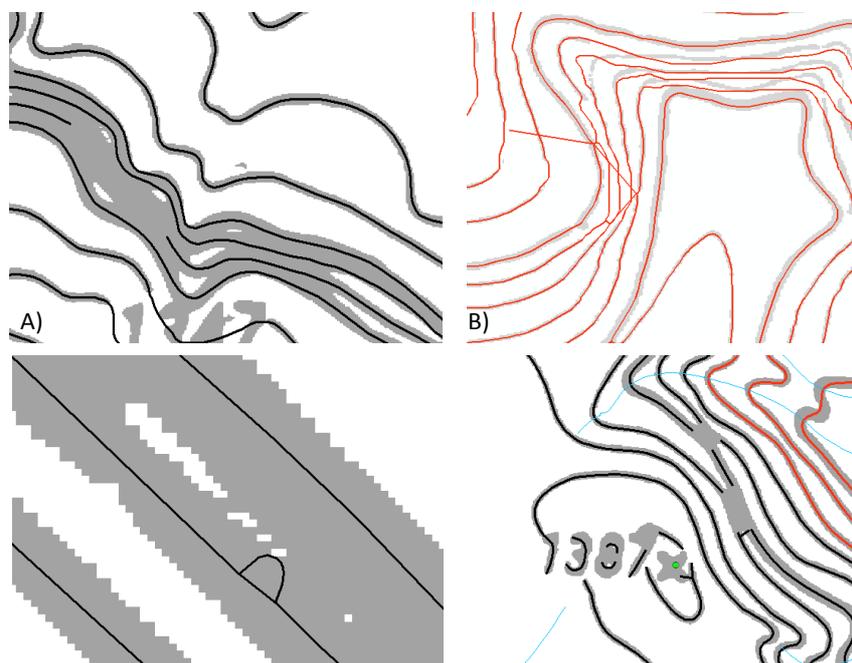


Figura 5. Inconsistências observadas em vetores de curvas de nível cujo processo de edição pré-vetorização não atendeu à demanda da qualidade das imagens para uma boa geração de vetores: A e C) curvas de nível muito próximas, cujos pixels misturam entre si e geram, respectivamente, espaços falhos e segmentos indesejados nos vetores; B) falhas negligenciadas na imagem que causaram distorção nos vetores gerados; D) vetores gerados pela permanência do valor do ponto cotado na imagem e falhas nas curvas de nível devido à união de curvas na imagem.

Para representação dos pontos cotados nas cartas topográficas, estes foram exportados do formato CAD para o formato *Geodatabase Annotation* e posteriormente, as colunas da tabela de atributos sem interesse para o trabalho foram removidas pela ferramenta *Delete Multiple Fields*, adquirida gratuitamente como um *script* no site do ESRI.

Este processo garante que os valores da altitude dos pontos cotados sejam mantidos na tabela de atributos. Entretanto, as curvas de nível vetorizadas pelo ArcScan precisam da adição das suas cotas por métodos adicionais. Para tanto utilizou-se o CalcContour fornecido gratuitamente pelo fabricante do ArcGIS - ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), conforme rotina descrita por Lana et al (2010).

É importante ressaltar que o assinalamento das cotas às curvas de nível torna-se mais eficiente quando elas estão adequadamente editadas, sem nós soltos e segmentos duplicados ou interceptados. Quando a edição destas inconsistências é feita posteriormente, corre-se o risco de apagar os valores das cotas de segmentos cotados ao uni-los com segmentos não cotados. Observou-se também que assinalar as cotas com a tabela de atributos aberta possibilita a observação das curvas que realmente tiveram suas cotas adicionadas, uma vez que o *CalcContour* pode algumas vezes falhar neste processo.

Somente após assinaladas as cotas das curvas de nível em cada carta individualmente é que poderá ser feito o ajuste de borda para a obtenção de uma base topográfica única para a área de estudo. Isto se justifica pela necessidade de se unirem corretamente as curvas adjacentes, uma vez que na escala de 1:50.000 o pequeno espaçamento entre as mesmas pode gerar dúvidas na interpretação da continuidade de uma mesma curva de nível localizada em uma carta adjacente.

Para correção de quaisquer imperfeições restantes na nova base das curvas de nível, prosseguiu-se a criação de nova topologia e rede geométrica, sendo estas também desfeitas ao final desta etapa. Finalizando a edição da base topológica, quando necessário, as curvas de nível foram ajustadas em relação à hidrografia para remoção de incoerências na representação do relevo em relação à drenagem (caracterização dos talwegues).

3.4. Base de dados para geração do MDEHC

Para uma concepção mais geral das metodologias descritas acima, as suas principais etapas encontram-se sintetizadas na Figura 6.

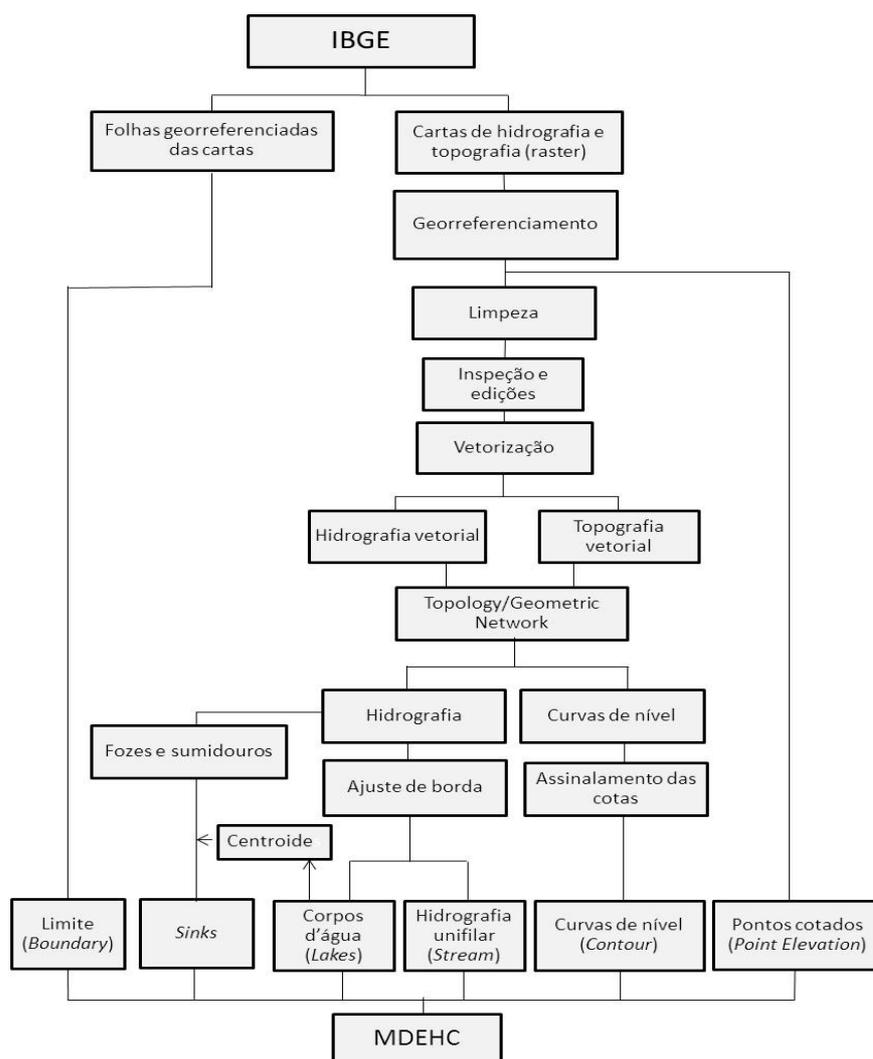


Figura 6. Síntese das principais etapas para a geração de uma base de dados consistente, no ArcGIS, utilizando dados de hidrografia e topografia obtidos do IBGE, visando a geração de um MDEHC (modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado).

4. Conclusões

Devido à grande aplicação dos MDEs para o desenvolvimento de estudos ambientais atualmente, faz-se necessário garantir que estes modelos sejam os mais consistentes possíveis na representação da dinâmica real do relevo. Justifica-se, então, a importância dos MDEHCs para estudos sobre delimitação de áreas de preservação permanente, monitoramento de

incêndios, estudos hidrológicos em bacias hidrográficas, monitoramento de habitats de fauna e flora, estudos geomorfológicos, pesquisas em pedologia, dentre outros.

Para que estes MDEHCs sejam confiáveis é preciso que tenham sido gerados a partir de bases de dados consistentes e metodologias adequadas de processamento. Apesar do tempo despendido na edição das imagens digitais de bases topográficas e hidrográficas do IBGE e das dificuldades observadas em relação ao desempenho do software utilizado (ArcGIS), a base de dados gerada pelo processo de vetorização e edição é confiável para a geração de MDEHCs.

Estes modelos gerados a partir de dados oficiais podem ser ainda utilizados como base para ortorretificação de MDEs obtidos por fontes adicionais, como aqueles gerados por imageamento óptico de sensores de satélites.

Agradecimentos

A equipe do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa agradece o CNPq e a FAPEMIG pela concessão de bolsas e recursos para o desenvolvimento de projetos. Este trabalho é parte integrante do projeto “Mapeamento do Conflito de Uso da Terra em Áreas de Preservação Permanente, na Bacia de Contribuição da Hidrelétrica de Três Marias – MG, usando Imagens Orbitais”, registrado no CNPq sob o número 130426/2009-1. A primeira autora deste trabalho é mestrande no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa e bolsista do CNPq.

Referências Bibliográficas

Camargo, F. F.; Almeida, C. M.; Florenzano, T. G.; Oliveira, C. G. Acurácia posicional de MDE ASTER/Terra em área montanhosa. **Geomática**, v. 4, n. 1, p. 12-24, 2009.

Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). ArcGIS. Professional GIS for the desktop, versão 9.3.1 CA. 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Downloads, Geociências. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2010.

Lana, V. M.; Domingues, G. F.; Menezes, S. J. M. C.; Lima, C. A.; Ribeiro, C. A. A. S.; Silva, T. P. Assinalamento de cotas às curvas de nível vetorizadas no ArcGIS pela ferramenta CalcContour. In: Simpósio de Integração Acadêmica (SIA), 1, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. Resumos, CD-ROM.

Lima, C. A.; Castro, N. L. M.; Costa, F. R.; Menezes, S. J. M. C.; Lana, V. M.; Ribeiro, C. A. A. S. Comparação entre as bases hidrográficas e topográficas vetorizadas pelo IBGE e módulo ArcScan do ArcGIS. In: Simpósio de Integração Acadêmica (SIA), 1, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. Resumos, CD-ROM.