

INFLUÊNCIA DA ESCALA EM UMA METODOLOGIA DE DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPO DE MORRO E MONTANHA E ADAPTAÇÃO DO MÉTODO PARA ESCALAS DETALHADAS

The Scale Influence in an Automated Delineation Method for Mountain and Hill Top Permanent Preservation Areas and Corrections for Large Scale Applications

Daniel de Castro Victoria

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

EMBRAPA Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão. Campinas, SP

daniel@cnpem.embrapa.br

RESUMO

O código florestal brasileiro e a resolução CONAMA 303/2002 estabelecem dentre as áreas de preservação permanente (APPs) os topos de morro e montanha, que vem recebendo grande atenção devido à divergências em sua delimitação. Métodos automatizados, baseados nas ferramentas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foram desenvolvidos e testados para auxiliar na identificação destas APPs porém, a escala dos dados influencia fortemente o resultado obtido. Quatro modelos digitais de elevação (MDE) do município de Campinas (SP) foram utilizados para avaliar o efeito da escala na delimitação destas APPs. Foi constatado que o método testado não é adequado para escalas detalhadas, maiores que 1:50,000. Duas modificações foram efetuadas no método para adequá-lo a escalas detalhadas e corrigir um problema na interpretação da resolução CONAMA. Esta metodologia serve apenas como auxílio na delimitação das APPs, pois não identifica outras áreas de preservação como linhas de cumeadas. Além disso, a metodologia mostrou-se muito suscetível a problemas nos dados topográficos, sendo recomendada a inspeção do resultado final por intérprete capacitado.

Palavras Chave: Modelo Digital de Elevação do Terreno, Topo de Morro e Montanha, Áreas de Preservação Permanente, Código Florestal Brasileiro.

ABSTRACT

Brazilian environmental legislation establishes the Permanent Preservation Areas (APPs). These include river margins, marshes and mountain and hill tops, among other terrain features. Geoprocessing methods for estimating mountain and hill tops preservation areas have been developed but these are very susceptible to the mapping scale. Four digital elevation models (DEM) covering Campinas (SP) municipality were used to evaluate the scale effect in the delineation of such preservation areas. Modifications in the method to derive such preservation areas are proposed in order to make it more suitable for high detailed maps. This method should be taken as a tool to help delineate the preservation areas and should not be considered a complete solution to the matter since it does not identify other preservation areas such as drainage divides. An inspection by a trained interpreter is still necessary to eliminate misclassifications and refine the final result.

Keywords: Digital Elevation Model, Mountain and Hilltop, Permanent Preservation Areas, Brazilian Environmental Legislation.

1. INTRODUÇÃO

A Resolução CONAMA 303/2002 dispõe sobre os parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanente (APP), incluindo os topos de morro e montanha. Estes são definidos como a área “a partir da curva de nível correspondente a dois terços da

altura mínima da elevação em relação a base” (CONAMA, 2002). A resolução também define morro, montanha e a base da elevação porém, existem divergências quanto à interpretação destes conceitos, principalmente quanto à identificação da cota de base, o que dificulta a aplicação da legislação. No entendimento do Departamento Estadual de Proteção de Recursos

Naturais (DEPRN), a base é a cota mais baixa da área de captação/escoamento superficial da elevação (Fig. 1).

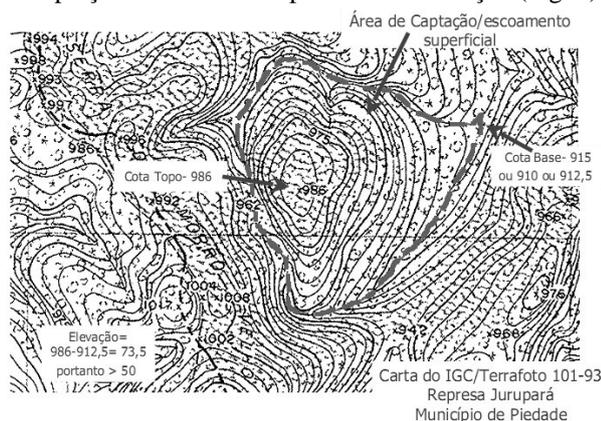


Fig. 1. Área de influência e cota de base da elevação, de acordo com o DEPRN. Fonte: DEPRN (2008).

Outro entendimento argumenta que a base do morro ou montanha deveria necessariamente circundar a elevação, sendo representada por uma curva de nível fechada em torno do cume (CORTIZO, 2008). Esta interpretação seria necessária por garantir que a cota da APP de topo de morro ou montanha seja representada por uma curva de nível fechada, sem que haja extravasamento da APP para elevações vizinhas. Assim, a base de um morro ou montanha deveria ser a cota do “ponto de sela” (CORTIZO, 2008). A Figura 2 ilustra este entendimento, que argumenta que no morro com o cume a 771 m, a interpretação do DEPRN colocaria a base do morro a 708 m e a cota da APP a 750 m de altitude. Isso resultaria em um extravasamento da cota da APP, abrangendo outras elevações e tomando proporções muito grandes. No entanto, ao considerarmos a base da elevação como sendo o ponto de sela (756 m), a cota da APP seria de 766 m, circundando o morro sem que houvesse extravasamento.

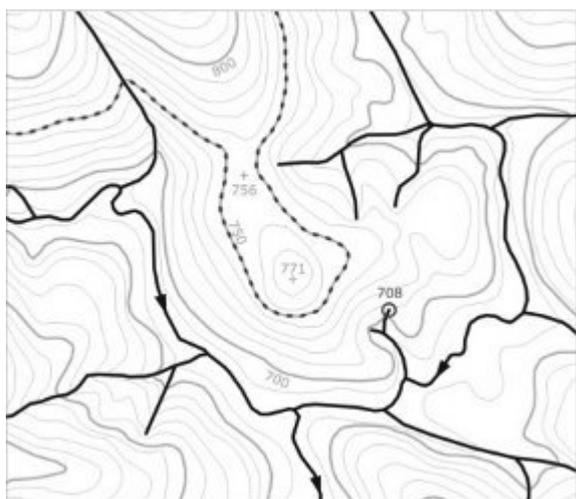


Fig. 2. Necessidade de se utilizar o ponto de sela como cota de base de um morro. No entendimento do DEPRN e na metodologia de Hott este argumento é falho, uma vez que a APP deve ser confinada à elevação que a gerou. Fonte: Cortizzo (2008).

No entendimento do Ministério Público de São Paulo (MP-SP) e do DEPRN, o ponto de sela não pode ser considerado como base da elevação (MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO, 2008). As metodologias empregadas pelo DEPRN e por Hott et al. (2005) mostram que o argumento de que é preciso garantir uma curva de nível fechada ao redor do cume não procede. Ambas entendem que a APP de topo de morro e montanha deve ser confinada à área de influência da elevação, o que impede o extravasamento da cota do terço superior ou seja, a APP abrange somente as áreas que podem receber escoamento superficial proveniente do cume da elevação avaliada.

Outra argumentação contra a tese do ponto de sela como base vem da geomorfologia e do conceito de nível de base. Este é o “nível abaixo do qual não pode ocorrer erosão pelas águas superficiais. O nível de base final é considerado como sendo o nível do mar” (IBGE, 2004). Este conceito não implica que a base de um morro seja o nível do mar, uma vez que existem níveis de base local de erosão. Para cada elevação existe um nível de base local, que pode ser considerado a base da elevação, onde processos de sedimentação predominam sobre processos erosivos. O ponto de sela é um local onde predominam processos erosivos, não podendo ser, portanto, a base de uma elevação.

Visando auxiliar na delimitação destas APPs e facilitar a aplicação da legislação, alguns trabalhos vem utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (CATELANI et al. 2003; COSTA et al. 1996; JACOVINE et al, 2008; OLIVEIRA et al. 2007; SANTOS et al. 2007;). Porém, muitos destes necessitaram da intervenção de um analista para definir a cota de base, estando sujeitos a diferentes interpretações. Santos et al. (2007) trabalharam em uma microbacia de 4000 ha onde a altitude da planície foi definida como a cota de base de todos os morros. Costa et al. (1996), trabalhando em uma área de 185 ha com relevo fortemente ondulado e dados topográficos na escala 1:10.000, consideraram “como base dos morros, os locais com declives superiores a 20°, o que corresponde a classe de relevo fortemente ondulado” (COSTA et al., 1996) enquanto Catelani et al. (2003) não explicam como definiram as cotas de base. Jacovine et al. (2008) utilizaram as funções de hidrologia de um SIG para identificar os morros e montanhas, sendo a base no “terraço, ou o leito maior, onde se encontra o curso d’água mais próximo” (JACOVINE et al., 2008).

Com o intuito de padronizar e simplificar a delimitação das APPs em topo de morro e montanha, Ribeiro et al. (2002; 2005) e Hott et al. (2005) utilizaram as funções de hidrologia dos SIGs para identificar a cota de base das elevações de forma automatizada, dispensando intérprete. Ambos métodos utilizam as ferramentas de direção de fluxo para identificar a área de influência de cada elevação, de forma semelhante ao método empregado pelo DEPRN (DEPRN, 2008).

A metodologia de Hott foi aplicada com sucesso para o estado de São Paulo, em escala

compatível com 1:250.000, estimando em 14.613 km² a APP em topo de morro e montanha (HOTT et al. 2005). Victoria et al. (2008) aplicaram a mesma metodologia para o território nacional, estimando em 14.344 km² a APP em topo de morro e montanha para o estado de SP e 389.619 km² para todo o país (Tabela 1).

Tabela 1. Áreas de Preservação Permanente em topo de morro e montanha nos estados brasileiros, seguindo metodologia original de Hott.

Estado	Topo de morro		Estado	Topo de morro	
	(km2)	(%)		(km2)	(%)
SC	17.679	18,53	PB	3.140	5,33
ES	7.739	16,41	RR	11.700	5,18
RJ	6.759	15,23	CE	7.771	5,06
MG	74.016	12,46	PA	51.615	4,13
DF	724	12,42	RN	1.875	3,4
PR	18.210	9,13	TO	8.086	2,9
PI	18.073	7,05	AP	4.122	2,88
BA	37.972	6,58	RO	5.642	2,35
AL	1.855	6,39	MT	20.180	2,23
MA	20.498	6,11	SE	506	2,22
RS	16.289	6,06	MS	5.977	1,67
GO	19.701	5,77	AM	9.132	0,57
SP	14.344	5,76	AC	140	0,08
PE	5.870	5,75	BRASIL	389.616	4,53

Fonte: Victoria et al. (2008)

Por ser um procedimento baseado em mapas e modelos digitais de elevação (MDE), a escala utilizada influencia no total das áreas delimitadas como de preservação. O efeito da escala na metodologia de Hott foi avaliado, utilizando MDEs com diferentes graus de detalhe para o município de Campinas, SP. Duas alterações na metodologia original foram propostas. A primeira visou corrigir uma interpretação equivocada da resolução CONAMA, que diz respeito a morros ou montanhas distantes a menos de 500 metros. A segunda visou adequar a metodologia original para uso em escalas mais detalhadas.

É importante ressaltar que a metodologia aqui apresentada não é completa, uma vez que não contempla as áreas de preservação em linhas de cumeada e outras feições de relevo. Portanto, esta metodologia serve como uma primeira aproximação da delimitação das APPs de relevo, sendo necessária a inclusão das APPs de linha de cumeada e a inspeção por um técnico capacitado das APPs delimitadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e MDEs em diferentes escalas

O município de Campinas se localiza no estado de São Paulo, nas coordenadas 22°53'S e 47°04'O e ocupa 796 km² (Fig. 3).

Quatro MDE foram utilizados para avaliar o efeito da escala na metodologia de Hott, dois baseados

no “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM90 e SRTM30), e dois interpolados a partir de curvas de nível nas escalas 1:50.000 e 1:10.000.

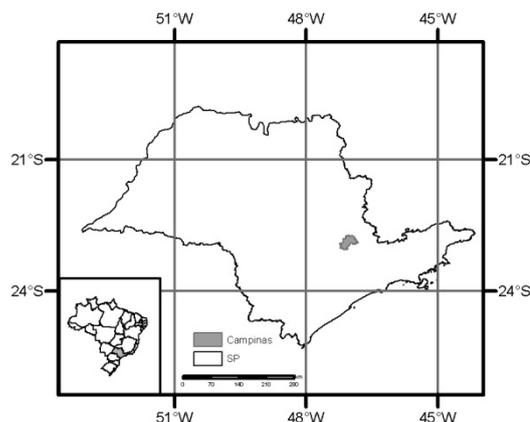


Fig. 3. Localização do município de Campinas, SP.

O “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) mapeou a superfície da Terra utilizando interferometria por radar (ZYL et al., 2001) e gerou MDEs com resolução espacial de 90 m. Os dados do SRTM90 foram obtidos do banco de dados “Brasil em Relevo” da Embrapa – CNPM (MIRANDA et al., 2005). Os dados com 30 m de resolução espacial (SRTM30) foram obtidos do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008) que utilizou técnicas de geostatística para refinar os dados SRTM originais.

Cartas topográficas na escala 1:50.000 da região de Campinas foram obtidas do banco de dados do Projeto PiraCena (<http://www.cena.usp.br/piracena>) e do servidor de mapas do IBGE (http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/). As curvas de nível e os pontos cotados das cartas de Amparo, Campinas, Cosmópolis, Indaiatuba e Valinhos foram unidas em um só plano de informação. Para a escala 1:10.000, quarenta e sete cartas topográficas produzidas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), referentes ao município de Campinas foram digitalizadas, georreferenciadas, vetorizadas e unidas. A topologia dos mapas vetoriais em ambas escalas foi utilizada para verificar a junção das folhas e eliminar erros de cruzamentos e sobreposições de curvas de nível. A interpolação dos dados vetoriais para um MDE hidrológicamente consistente, condição imprescindível para a metodologia de Hott, foi realizada pela função *Topo to Raster* do SIG ArcGIS 9.2. A resolução espacial dos MDEs nas escalas 1:50.000 e 1:10.000 foram de 20 e 10 m, respectivamente.

2.2. Metodologia de identificação das APPs em topo de morro e montanha

A metodologia original de Hott se baseia nas funções de hidrologia dos SIGs e pode ser resumida nos seguintes passos:

- Delimitação da área de influência de cada elevação, aplicando-se as ferramentas de direção

de fluxo e delimitação de bacias hidrográficas no MDE invertido (Fig. 4).

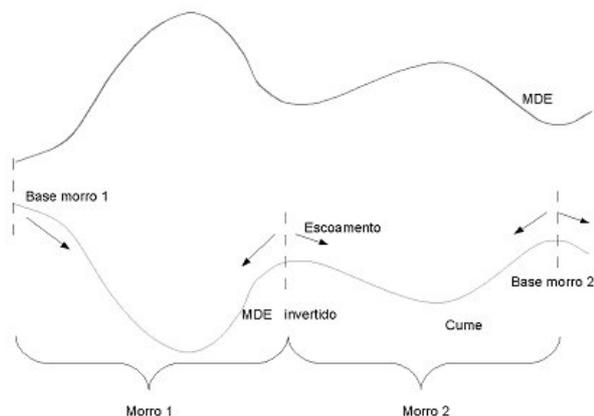


Fig. 4. Representação esquemática da identificação da área dos morros e montanhas.

- b) Obtenção das cotas de cume e base de cada elevação e declividade máxima, correspondentes a altitude máxima, mínima e a declividade máxima em cada elevação.
- c) Identificação dos morros e montanhas e cálculo da cota do terço superior, sendo montanhas as elevações com altura (cota do cume – cota da base) superior a 300 m e morros as elevações com altura entre 50 e 300 m e declividade máxima superior a 30%. A cota do terço superior é dada por: $\text{terço} = (\text{cume} - (\text{cume} - \text{base})/3)$.
- d) Agrupamento de morros e montanhas com cumes distantes a menos de 500 m. Círculos com distância de 250 metros (*buffer*) são gerados em cada cume e unidos no caso de sobreposição. As áreas formadas pela junção dos *buffers* representam morros ou montanhas que devem ser agrupados. Para todos os morros e montanhas dentro de um conjunto, a cota do terço superior será igual a cota da APP mais baixa do conjunto.
- e) Delimitação da APP de topo de morro ou montanha, identificada pela área com altitude igual ou acima da cota do terço superior.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. APPs em topo de morro e montanha em diferentes escalas, utilizando a metodologia original

Os MDEs SRTM90 e SRTM30 foram utilizados para identificar as áreas de topo de morro e montanha em todo o estado de São Paulo utilizando a metodologia de Hott. Os MDEs provenientes das cartas topográficas foram utilizados na delimitação das áreas de preservação do município de Campinas, SP.

A metodologia original mostrou marcado efeito da escala, identificando maior quantidade de APPs nos mapas mais detalhados. Utilizando o MDE SRTM90, as áreas de APP de topo de morro e montanha no estado de

São Paulo totalizaram 14.346 km² (5,8% do estado). Pelo MDE SRTM30, estas contabilizaram 24.827 km² (10%) um aumento considerável (Fig. 5). Para o município de Campinas, as APPs passaram de 25 km² para 213 km², quando calculadas utilizando o SRTM90 e o levantamento topográfico na escala 1:10.000, respectivamente (Tabela 2 e Fig. 6).

É esperado que produtos baseados em modelos e representações da realidade, como mapas topográficos, sejam influenciados pela escala pois, dependendo do nível de detalhe, algumas feições podem ou não serem observadas. Especificamente na metodologia aqui empregada, a necessidade de identificar “encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade” (CONAMA, 2002) para uma elevação ser considerada morro ocasiona a forte influência da escala.

Durante o processamento dos mapas as elevações são classificadas de acordo com a altura e declividade das rampas, verificando a presença de células com elevada inclinação. A presença de apenas uma célula com elevada declividade faz com que uma elevação seja classificada como morro. Tal procedimento é válido para escalas grosseiras, como representações com 90 m de resolução, pois identifica longas rampas com declividade constante e elevada. Ao utilizarmos MDEs detalhados, com 20 ou 10 m de resolução espacial, acidentes locais no terreno ou imperfeições no MDE podem resultar em células com elevada declividade em local predominantemente plano, identificando morros de forma equivocada. Portanto, o procedimento utilizado não é adequado para escalas detalhadas.

Como consequência deste procedimento, pequenas alterações nos mapas de entrada podem resultar em grandes diferenças nas áreas delimitadas. Para o município de Campinas, Hott et al. (2005) encontraram 116 km² de APPs em topo de morro e montanha utilizando a escala 1:50.000. No presente trabalho e com a mesma escala, esta área foi estimada em aproximadamente 174 km². A principal diferença entre os dois trabalhos pode estar relacionada a erros nos mapas topográficos utilizados por Hott et al. (2005), que apresentavam cotas com altitude equivocada (Hott, comunicação pessoal). Outra fonte de sensibilidade no método está no processo de vetorização dos mapas. Um desvio de apenas 1 mm nas curvas na escala 1:50.000 representa um erro de 50 metros. Dado que a equidistância vertical das curvas é de 20 m, um erro de 50 metros na horizontal pode significar a inclusão de uma elevação na categoria de morro ou não. Com isso, pequenos erros podem alterar a quantidade de morros identificados.

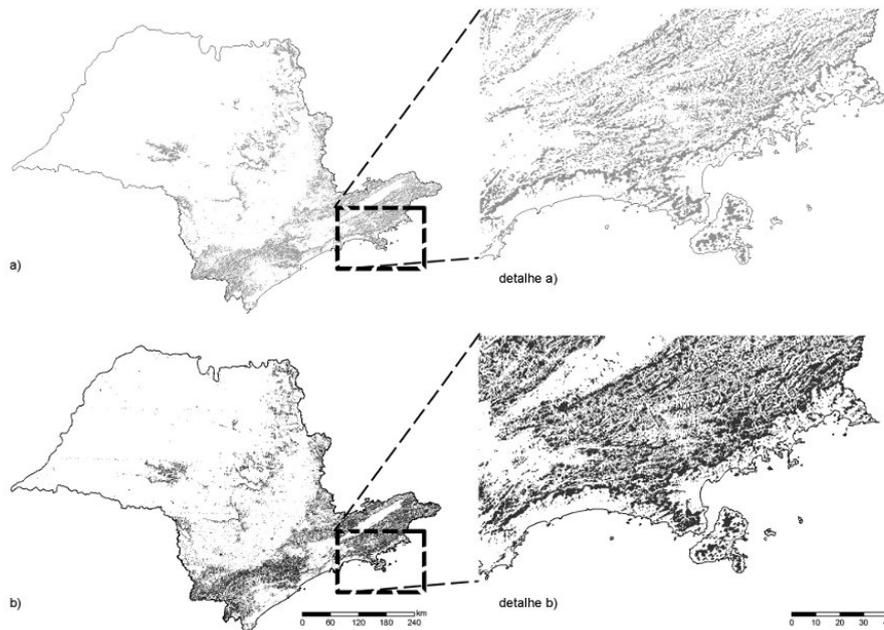


Fig. 5. APP em topo de morro e montanha no estado de São Paulo a) com base no MDE do SRTM90 (90m de resolução) e b) SRTM30 (resolução reamostrada para 30m). Delimitação feita a partir da metodologia original de Hott.

Tabela 2. Área de preservação permanente em topo de morro e montanha para o município de Campinas, utilizando resoluções espaciais distintas. Delimitação feita a partir da metodologia original de Hott et al. (2005).

Mapa	Área de APP em topo de morro (km ²)	% do município
SRTM 90	25,4	3,2%
SRTM 30	56,0	7,0%
1:50.000 (HOTT et al., 2005)	116,0	15,0%
1:50.000	173,8	21,8%
1:10.000	213,1	26,3%

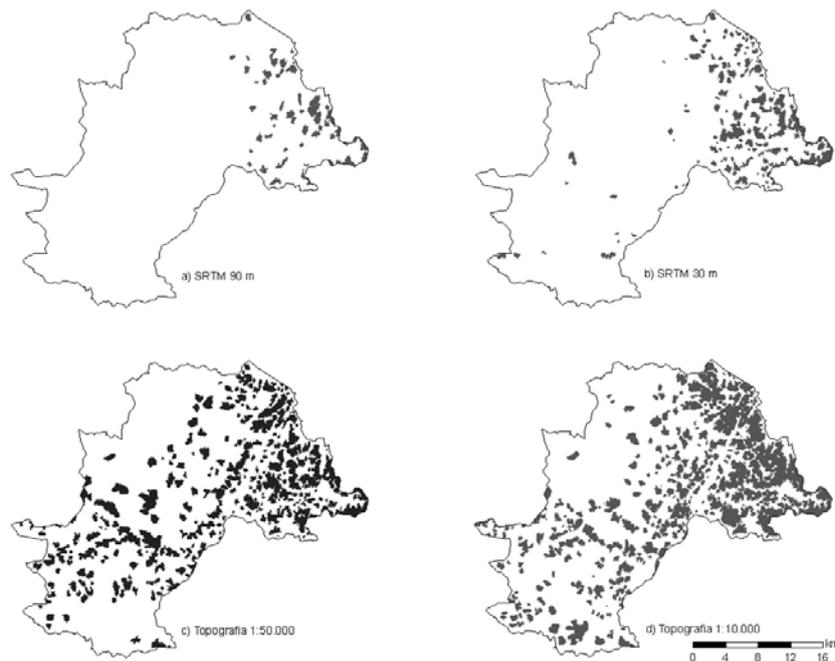


Fig. 6. APP em topo de morro e montanha no município de Campinas, estimadas com a metodologia original de Hott utilizando a) SRTM90, b) SRTM30 e cartas topográficas nas escalas c) 1:50.000 e d) 1:10.000.

3.2. Alterações na rotina de Hott

3.2.1. Cálculo da declividade das encostas

Foi constatado que a metodologia empregada para classificar as elevações quanto a declividade não era adequada para escalas detalhadas, podendo superestimar as APPs. O entendimento das instituições que trabalham com a temática das APPs em topo de morro e montanha é que a declividade deve ser analisada para toda a encosta e não apenas em um ponto. O procedimento acordado entre o DEPRN e o MP-SP considera que áreas com menos de 10% de declividade não fazem parte da encosta e devem ser ignoradas. Nas áreas restantes, a declividade das rampas é avaliada e, a existência de encostas com declividade superior a 30% caracteriza um morro (MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO, 2008).

Foi desenvolvida uma sequência de operações em SIG para estimar a declividade das encostas, conforme procedimento descrito acima, e não apenas de um ponto:

- 1) Geração do mapa de aspecto: classifica cada pixel do MDE quanto a orientação da rampa numa escala de 0 a 360 graus (0 = N, 90 = E, 180 = S, 270 = O).
- 2) Identificação das rampas: reclassificação do mapa de aspecto em 8 direções e uma classe plana, agrupando células adjacentes e com mesma direção (N, NE, E, SE etc).
- 3) Obtenção da declividade das rampas: declividade média de cada rampa, excluindo as áreas planas (declividade < 10%). A presença de uma rampa com declividade $\geq 30\%$ em uma elevação com 50 a 300 m de altura caracteriza um morro.

Este procedimento avalia a declividade das rampas como um todo, diferente da formulação original que considera declividades pontuais. Ao avaliar a declividade de uma área mais extensa (rampa), a presença de algumas células com elevada inclinação tem menor interferência, adequando a metodologia para MDEs mais detalhados, com 10 a 20 m de resolução espacial.

A alteração fez com que muitas elevações, antes classificadas como morros devido à presença de pequenas áreas com elevada declividade, não fossem mais identificadas como tal. Para o município de Campinas, na escala 1:10.000, o procedimento original identificou 1120 morros. Utilizando a declividade em rampas foram identificados 470 morros na mesma área (Fig. 7).

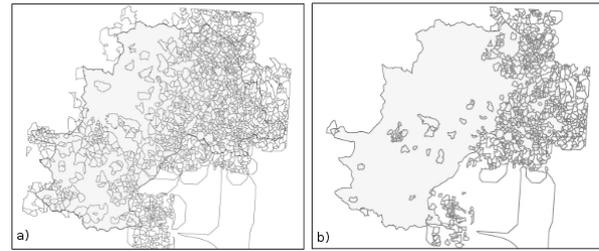


Fig 7. Contorno dos morros identificados no município de Campinas (polígono cinza) a partir do MDE na escala 1:10.000 usando a) metodologia original e b) metodologia das rampas.

No entanto a presença de pequenas rampas, compostas de algumas células, ainda persiste, o que pode fazer com que elevações sejam equivocadamente classificadas como morros (Fig. 8). A aplicação de filtros de moda ou algum critério para a eliminação de pequenas rampas pode diminuir este problema.

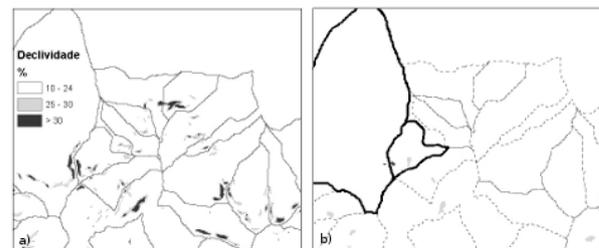


Fig 8. Locais com elevada declividade e contorno dos morros identificados a) na metodologia original (linha contínua) e b) pelo método das rampas (linha grossa, contínua). Linha tracejada apresenta morros na metodologia original).

A modificação também foi testada em uma área de terreno mais acidentado, em escala detalhada (carta topográfica Fazenda São José dos Campos, escala 1:10.000). Constatou-se que ambas as metodologias (declividade pontual ou rampas) apresentam resultados semelhantes. A alteração na maneira de identificar a declividade não modificou o resultado, uma vez que a declividade média da área já é superior a 30%. Portanto, a alteração na metodologia foi eficiente em eliminar elevações equivocadamente identificadas como morros em áreas mais planas, reduzindo a superestimativa do método original quando aplicado em MDEs com escala detalhadas, sem afetar o resultado nas áreas mais acidentadas.

3.3. Morros e montanhas distantes até 500 metros

A metodologia de Hott também foi alterada em relação à interpretação da resolução CONAMA 303/2002 que trata da junção de morros e montanhas próximas. A metodologia original considerava que morros e montanhas com cumes distantes até 500 m formariam um conjunto que poderia conter cumes distantes a mais de 500 m, contanto que houvessem

outros cumes entre eles, numa sequência de morros. A cota da APP dos morros e montanhas dentro deste conjunto seria dada pela cota do terço superior mais baixo do conjunto. Em locais com relevo mais acidentado, tal interpretação resulta em grandes agrupamentos, ligando morros distantes a mais de 500 m. O procedimento foi alterado de forma a limitar os conjuntos de forma a conter apenas cumes distantes até 500 m. Para cada conjunto, a cota da APP é dada pela menor cota de APP do conjunto.

Testes efetuados na carta topográfica Fazenda São José dos Campos, escala 1:10.000, mostraram que a alteração apresenta resultados significativos em locais com grande presença de morro e montanhas. Na metodologia original, os conjuntos incluíam elevações muito distantes entre si, transferindo o terço superior de um morro localizado na parte baixa do terreno para um morro localizado em local mais elevado. Desta forma, a APP em topo de morro e montanha foi estimada em aproximadamente 76 km² (71 % da região). A alteração na forma de gerar os conjuntos reduziu a APP em topo de morro e montanha para aproximadamente 41 km² (44 % da região) (Fig. 9).

Para todo o estado de São Paulo, a limitação no agrupamento das elevações reduziu a APP em topo de morro e montanha de 24.827 km² (aproximadamente 10% do estado) para 22.198 km² (aprox. 9 % do estado), quando calculada utilizando os dados do SRTM30. Este é um indício de que os dados publicados por Victoria et al. (2008), elaborados utilizando a metodologia original, podem estar superestimados, principalmente nas regiões com grande agrupamento de morros e montanhas, como Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

3.4. Considerações sobre as modificações propostas

A alteração na forma de gerar o conjunto de morros tem grande efeito na estimativa das APPs de regiões mais acidentadas, com morros e montanhas próximas, como na região de São José dos Campos. Nesta área, houve uma redução de aproximadamente 38% na APP ao se adequar a metodologia. Em áreas menos acidentadas, como no município de Campinas, a menor quantidade de morros e montanhas próximas fez com que a forma de agrupar as elevações surtisse menor efeito, mesmo em diferentes escalas. Utilizando MDEs com base no SRTM90, SRTM30 e topografia 1:50.000, a alteração na forma de agrupar os morros reduziu a APP em aproximadamente 4%, quando comparada com a metodologia original. Já para a escala 1:10.000, a redução foi maior (28%), uma vez que mais morros são identificados (Tabela 3).

Tabela 3. APP em topo de morro e montanha para o município de Campinas (km²) em diferentes escalas, utilizando: a) metodologia original de Hott; b) modificação para impedir agrupamento de sequência de morros e c) limitando agrupamento de sequência de morros e calculando declividade por rampas.

Escala	Metodologia		
	Original	Limite 500	Rampa+ Limite 500
SRTM90	25,4	24,5	2,7
SRTM30	56,0	54,0	13,9
1:50.000	173,8	166,7	23,3
1:10.000	213,1	154,2	55,7

A alteração na forma do cálculo da declividade surte grande efeito em locais mais planos, como na região de Campinas. Já as APPs em regiões mais acidentada não são alteradas pela forma de se calcular a declividade.

Nota-se que, independentemente da escala, ambas alterações da metodologia reduziram a APP de topo de morro e montanha, sem contudo remover o efeito de escala dentro de cada método. A APP em topo de morro e montanha para o município de Campinas, na escala 1:10.000, reduziu quase quatro vezes quando estimada utilizando a metodologia original e com as modificações (Tabela 3 e Fig. 10).

Está claro que os procedimentos utilizados para delimitar as áreas de APP em topo de morro e montanha em escalas mais grosseiras não devem ser os mesmos utilizados em escalas detalhadas. A modificação que diz respeito ao agrupamento de morros deve ser aplicada em qualquer escala de trabalho, uma vez que corrige uma interpretação equivocada da resolução. A metodologia descrita para se obter as declividades nas rampas deve somente ser aplicada em mapas com escala detalhada.

A dificuldade está em definir até qual escala a metodologia das rampas é adequada. A estimativa das APPs feita pelos diferentes métodos não deixa dúvidas que ambas as modificações são necessárias na escala 1:10.000. Provavelmente, para a escala 1:50.000, também seja mais indicado a utilização da metodologia das rampas. Já para os mapas baseados no SRTM30 e escalas mais grosseiras, a metodologia das rampas reduziu muito as áreas de preservação do município enquanto que a área delimitada pela metodologia original foi semelhante à estimada a partir das cartas 1:10.000 utilizando a declividade em rampas (Fig. 10). Portanto, a metodologia que utiliza a declividade pontual parece ser mais adequada para os dados SRTM90 e SRTM30.

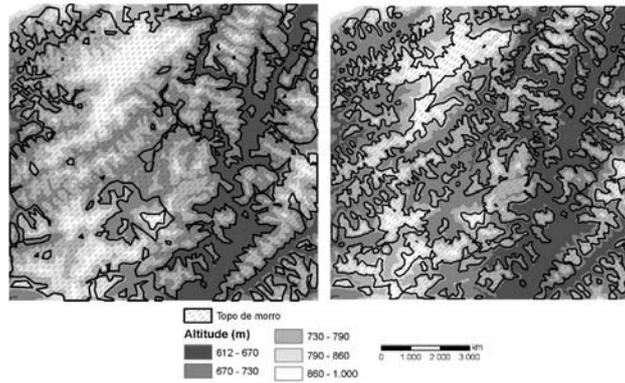


Fig. 9. APP de topo de morro e montanha para a carta topográfica Faz. São José dos Campos, escala 1:10.000 esquerda) calculada pela metodologia original (76 km²) e direita) calculada limitando o agrupamento de cumes (41 km²).

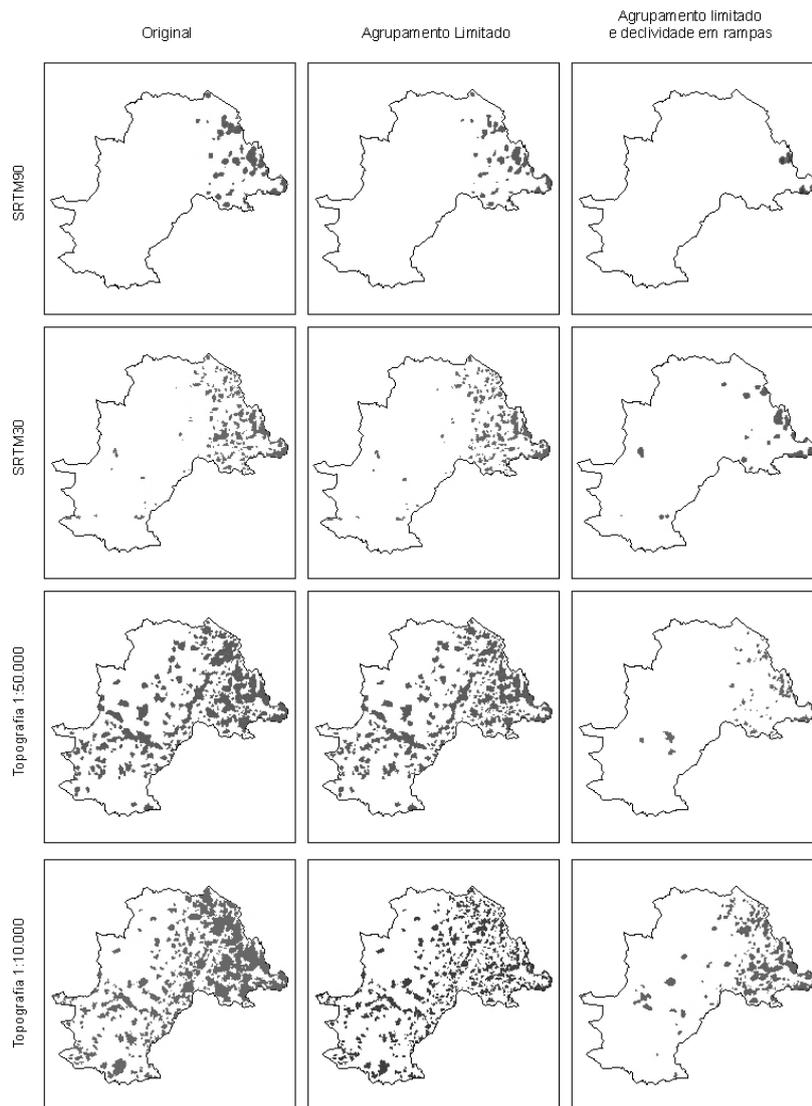


Fig. 10. APP em topo de morro e montanha no município de Campinas, estimada a partir de diferentes métodos (colunas) e escalas (linhas).

4. CONCLUSÕES

Duas modificações foram efetuadas na metodologia original de Hott et al. (2005) para a delimitação das APPs em topo de morro e montanha. A

primeira visou corrigir o agrupamento dos morros e montanhas distantes a menos de 500 m. A metodologia original permitia que elevações distantes a mais de 500 m fossem agrupadas, aumentando as APPs em terrenos acidentados. A segunda visou adaptar a metodologia à

escalas mais detalhadas, como 1:50.000 e 1:10.000. Foi alterada a maneira como a declividade máxima das elevações é avaliada, utilizando rampas ao invés de pontos isolados. Tal modificação reduziu o número de elevações que antes eram classificadas como morros devido a presença de acidentes locais no terreno.

Independentemente da metodologia utilizada, a utilização de mapas topográficos mais detalhados faz com que um maior número de APPs seja identificado. Portanto, a metodologia utilizada deve ser adequada a escala de trabalho.

Esta metodologia ainda carece de validação, através da comparação com delimitações efetuadas por outros métodos e grupos de trabalho. É preciso estabelecer, com certeza, se os procedimentos aqui descritos satisfazem a resolução CONAMA 303/2002 quanto à delimitação das APPs de topo de morro e montanha.

A metodologia apresentada identifica somente as APPs de topos de morro e montanha e não inclui as linhas de cumeada, bem como outras áreas consideradas como de preservação. Portanto, esta é uma ferramenta que auxilia na delimitação das APPs, não devendo ser encarada como um procedimento completo, que dispense a intervenção e o trabalho de especialistas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece Marcos Cicarini Hott pela rotina computacional original e Márcio Morisson Valeriano pelo auxílio com os dados TOPODATA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. G.; PEREIRA, W. F. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 559-566.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 maio 2002.

CORTIZO, S. **Topo de morro na resolução CONAMA 303**. parte 2. 2ª Reunião do GT Definição dos conceitos de 'topo de morro' e de 'linha de cumeada' referidos na Resolução CONAMA nº 303/02. Brasília, DF, mai. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/FBF21C00/apptopodemorroparte2.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2009.

COSTA, T. C. C., SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação

permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 121-127.

DEPRN. Departamento Estadual de Proteção e Recursos Naturais. **A APP (topo de morro) na legislação**. 2ª Reunião do GT Definição dos conceitos de 'topo de morro' e de 'linha de cumeada' referidos na Resolução CONAMA nº 303/02. Brasília, DF, maio 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/FBF21C00/ApresentDiscussaoTopoDEPRN1.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2009.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3061-3068.

IBGE. **Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2009.

JACOVINE, L. A. G. et al. Quantificação das áreas de preservação permanente e de reserva legal em propriedades da bacia do Rio Pomba-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 269-278, 2008.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. Ofício n. 895/2008-CAO-UMA/PGJ. Ref.: CAO-UMA nº 3107/08-AMB. **Ata de Reunião realizada no dia 18 de agosto de 2008 entre representantes do Ministério Público, da Secretaria de Meio Ambiente e do DEPRN do Estado de São Paulo sobre conceito de topo de morro**. 3ª Reunião do GT Definição dos conceitos de 'topo de morro' e de 'linha de cumeada' referidos na Resolução CONAMA nº 303/02. Brasília, DF, ago. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt/gt.cfm?cod_gt=144>. Acesso em: 16 jun. 2009.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 16 jul. 2009.

OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; THUM A. B.; REINHARDT, A. O.; BARETTA, L.; VALLES, T. H. A.; ZARDO, D.; SILVEIRA, L. K. Delimitação de áreas de preservação permanente: um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica

(SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4119-4128.

RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, M. J. de; SOARES, V. P.; PINTO, F. de A. de C. Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada: metodologia e estudo de caso. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 5., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2002.

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 203-212, 2005.

SANTOS, S. B.; ALMEIDA, R. A.; DUPAS, F. A. Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4217-4224.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 16 jul. 2009.

ZYL, J. J. van. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. **Acta Astronautica**, v. 48, n. 5/12, p. 559-565, 2001.

VICTORIA, D.; HOTT, M.; MIRANDA, E.; OSHIRO, O. Delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morros para o território brasileiro. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2 n. 2, 2008. Disponível em: <<http://www.rga.ggf.br/index.php?journal=rga>>. Acesso em: 6 abr. 2009.