



## **9617 - MAPEAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE TOPO DE MORRO NA UNIDADE DE NEGÓCIO OESTE SABESP, UTILIZANDO UM SOFTWARE DE CÓDIGO LIVRE**

### **Bruno Pereira Toniolo <sup>(1)</sup>**

Projetista Cadista na SABESP desde 2012, com experiência em projetos de infraestrutura e arquitetura e sistemas de informações geográficas (SIG). É especialista em Geoprocessamento pela PUC Minas (2017) e tecnólogo em Construção Civil pela FATEC (2010). Atualmente é estudante do curso pós-graduação (especialização) em Gestão Ambiental pela Universidade Estácio de Sá. Também é professor de ensino técnico pela Centro Paula Souza (CPS) nos cursos de construção civil desde 2014.

### **Norma Ely Santos Brandão <sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil (UFPA), possui Mestrado em Engenharia de Produção (UFSC), Doutorado em Economia Agrícola / Desenvolvimento Rural na Universität Giessen (Alemanha) e Pós-Doutorado em Sensoriamento Remoto na FCUP da Universidade do Porto (Portugal). Atualmente é Professora Adjunto IV da Universidade do Estado do Pará (UEPA), atuando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (mestrado). Também é especialista em Geoprocessamento pela PUC Minas (2017).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Major Paladino, 300 – Vila Leopoldina – São Paulo - SP - CEP: 05307-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 3838-6151 - e-mail: [brtoniolo@sabesp.com.br](mailto:brtoniolo@sabesp.com.br)

### **RESUMO**

O Código Florestal Brasileiro (Lei número 12.651 de 2012) estabelece que para delimitar áreas de preservação permanente (APP) de topo de morros considera-se as áreas com cota altimétrica maior que 1800m, qualquer que seja a vegetação e áreas com altura mínima de 100 metros e declividade média maior que 25°; as áreas mapeadas a partir da curva de nível que corresponde a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, já está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho de água ou nos relevos ondulados pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação. Partindo desses requisitos, e objetivando automatizar este processo com uso de modelos digitais de elevação (MDE) e softwares SIG livres, foi replicado um modelo para ser executado no software QGIS aliado aos recursos GRASS e GDAL/OGR. A área de estudo selecionada foi a Unidade de Negócio (MO) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SP), que abarca doze municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Algumas restrições foram identificadas. Não foram identificadas APP com altitude superior a 1800m devido à inexistência de lugares com este valor altimétrico na área de interesse. Foram identificadas 16 áreas de preservação permanente somente nos municípios de Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba, totalizando uma área de 2,47km<sup>2</sup>. Pela exigência da legislação, disponibilidade do MDE e uso do QGIS, foi possível mapear as APPs, entretanto o usuário precisa estar ciente das restrições impostas pelo modelo. A resolução espacial de 30m provavelmente limitou a detecção de outras APPs. Entretanto, rasters com resolução espacial melhor são mais difíceis de serem obtidos gratuitamente e geralmente precisam ser compradas, o que torna a metodologia adotada neste trabalho viável para órgãos que não dispõem de investimento para aquisição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Área de Preservação Permanente, Topo de Morro, Geoprocessamento.

### **INTRODUÇÃO**

O uso e ocupação do solo de forma não planejada tem ocorrido em várias partes do mundo, influenciando fortemente a qualidade ambiental de muitos recursos naturais (SU et al., 2016). Entre esses recursos destaca-se a água, cuja quantidade e qualidade adequada para consumo humano tem recebido crescente atenção (KAISER, 2014; MOKONDO et al., 2016) aumentando a demanda por medidas de conservação que possam garantir a oferta desse recurso a longo prazo (MAGALHÃES JUNIOR et al., 2016; MELO et al., 2014). No Brasil, um fator de preocupação são as ações antrópicas sobre as bacias hidrográficas e seus impactos, considerando os ciclos hidrológicos e os limites naturais de cada bacia.



As Áreas de Preservação Permanente (APPs), responsáveis pela proteção dos corpos hídricos contra enchentes, assoreamento, desmoronamento e contaminação em geral, tem sofrido com o uso indevido e ocupação populacional desordenada causando impacto na manutenção dos regimes hidrológicos das bacias hidrográficas. Além disso, a ocorrência de atividades invasão das APPs para agricultura potencializa também o efeito negativo da erosão sobre a hidrologia do rio, diminuindo a vazão, qualidade e quantidade de água disponível para consumo (SARCINELLI et al., 2008).

Neste sentido, a conservação da cobertura vegetal é considerada uma importante medida para estabilizar as bacias de drenagem e seu regime hidrológico, pois contribui na manutenção da disponibilidade de água para pastoreio, irrigação de agricultura e geração de energia. Em geral, os rios são a principal entidade morfológica de uma bacia hidrológica, responsáveis pelo abastecimento humano, portanto se não forem usados de forma ambientalmente adequada, seus fluxos hidráulicos associados poderão ser comprometidos (ZUCCARI, 2005).

As APPs localizadas em topos de morro têm um importante papel para a manutenção da disponibilidade da água que precipita nas áreas mais elevadas em direção às áreas mais baixas da bacia (TAMBOSI et al., 2015), especialmente com relação à quantidade e qualidade da água que será distribuída para a bacia.

O Código Florestal Brasileiro, Lei 12651/2012 apresenta novos parâmetros para definir as APPs de topo de morro. A Lei anterior 4771/65 (BRASIL, 1965) considerava os topos de morros como APP e a resolução 303/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA dispunha de parâmetros, definições e limites.

Depois da publicação da nova lei, não só tais requisitos foram mudados como também o jeito de calcular sua delimitação, uma vez que a linha imaginária que define a base do morro (i.e, base legal, que se difere da base hidrológica) agora é dada pela cota do ponto de cota mais próximo à elevação. Embora houvesse comentários divergentes da resolução 303/02, o ponto de cota já era considerado por alguns como a base do morro (OLIVEIRA, 2013). Entretanto, este entendimento não era pacífico e causou insegurança jurídica com relação a estas áreas.

Os parâmetros dispostos na Lei 12.651/2012 para a delimitação das APPs em topos de morros são a altura da elevação (topo) em relação à base (definida pelo ponto de cota) e a declividade média do morro. A altura deve ser superior a 100m e a declividade média deve ser superior a 25°. É importante ressaltar que, na legislação revogada, bastava que o morro apresentasse declividade superior a 17° na linha de maior declividade e altura mínima de 50 metros para que seu topo fosse considerado como APP.

Embora o novo Código Florestal defina diretrizes quanto às APPs, a identificação das mesmas ainda é difícil execução devido aos limites diferenciados para áreas rurais consolidadas, baseados no cálculo do módulo fiscal de cada propriedade. Logo, a análise espacial de áreas de conflito em APPs é complexa e delicada, e envolvem fatores financeiros, sociais e ambientais para cada município.

Nestas condições, a proposta de novas formas de identificação que evitem a necessidade de vistoria em campo, significa economia de tempo e recursos, pois fazem uso de processos de mapeamento automatizados, já que o levantamento de informações sobre as condições geográficas locais é importante para fornecer uma base de dados útil para o planejamento ambiental e territorial. No entanto, esses levantamentos tornaram-se mais acessíveis e menos custosos com a crescente utilização de Sistemas de Informações Geográficas que utilizam bases de dados espaciais de uma determinada região (colocar fonte).

Atualmente, pode-se averiguar com alta precisão a realidade geográfica de uma área por meio de um modelo simplificado, permitindo e fornecendo a visão de ocupação de áreas, desmatamento, reflorestamento e outros aspectos que queiram ser analisados. Esses avanços se estruturaram a partir do surgimento de novas técnicas de geoprocessamento e de Sensoriamento Remoto, por exemplo (OLIVEIRA, 2009).

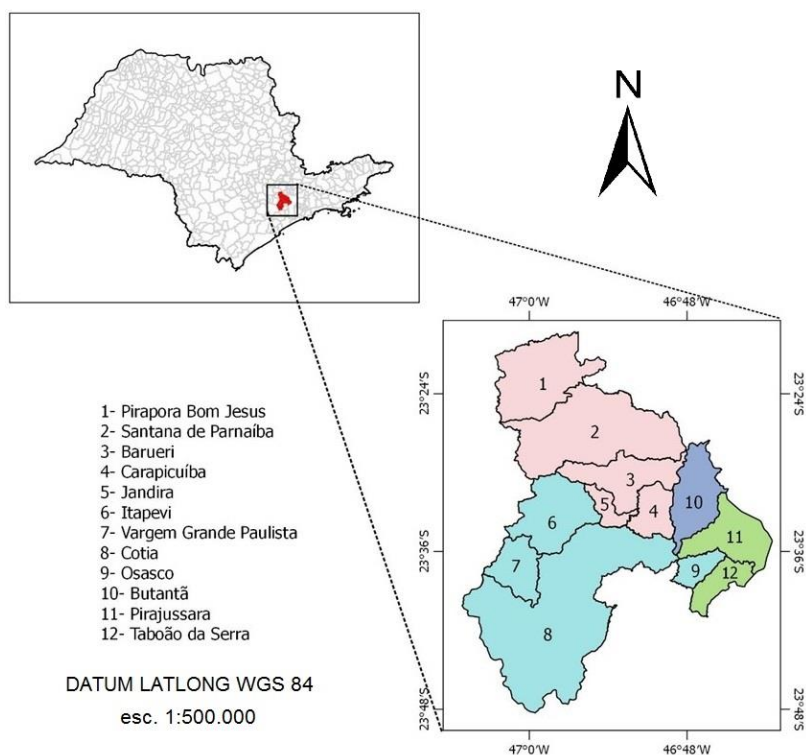
Diante do exposto supracitado, o objetivo deste trabalho é fazer a delimitação das APPs de topo de morro da região metropolitana oeste (MO) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a partir da utilização do *software* QGIS e das normas do Código Florestal Brasileiro.



## METODOLOGIA ADOTADA

A área de estudo corresponde a Unidade de Negócio Oeste e está localizada na zona oeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Trata-se de uma das 16 Unidades de Negócio da Sabesp que integra a Diretoria Metropolitana, respondendo pela operação dos serviços de saneamento básico dos municípios de Barueri, Santana de Parnaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cotia, Vargem Grande Paulista, Itapevi, Carapicuíba, Jandira, Osasco, Taboão da Serra e parte de São Paulo (bairros do Morumbi, Jaguaré, Campo Limpo, Pirajussara e Butantã).

Esta unidade foi criada em 1996, possui uma área de 1035,84 km<sup>2</sup>, e atende atualmente a uma população de 3,5 milhões de clientes, operando os sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos. Caracterizada pela expansão e crescimento contínuo, a região Oeste conta com um sistema composto por 11,7 mil km de redes de distribuição e ramais de água, 7,1 mil km de rede de coleta e ramais de esgoto, cerca de 916 mil ligações de água e 611 mil ligações de esgotos (SABESP, 2017).



**Figura 1. Unidade de Negócio Oeste MO da Sabesp, situada na RMSP – Brasil.**  
**Fonte: Autores (2017)**

Para extração dos dados referentes às APPs Topo de Morro, usou-se os Modelos Digitais de Elevação (MDE), geradas a partir do satélite SRTM e disponibilizados pelo INPE no site “Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil (TOPODATA)” que apresenta cobertura do país inteiro com resolução espacial de 30 metros.

Como ferramenta de análise utilizou-se o software QGIS, que além de oferecer processos nativos de geoprocessamento, ainda suporta plug-ins para realização de tarefas variadas, como construção de perfil longitudinal, delimitação de bacias hidrográficas, mapas de Kernel etc. O QGIS utiliza o GRASS (Sistema de Suporte de Análises de Recursos Geográficos) e o GDAL (Biblioteca de Dados Geospaciais), equivalentes ao *ArcToolBox* do ArcGis da ESRI. A vantagem de usar o QGIS é que ele é gratuito e de código aberto, permitindo maior facilidade no compartilhamento e replicação de modelos, já que não há precisão do operador adquirir nenhuma licença para uso (QGIS 2004).

As cenas SRTM Topodata referentes a região Metropolitana de São Paulo foram identificadas e selecionadas para a retirada de valores altimétricos seguindo a metodologia proposta por Silva et al. (2017). Basicamente, para gerar os dados espaciais delimitadores foram rodados algoritmos específicos para preenchimento das depressões espúrias do MDE, obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente



(MDEHC), e obtenção das bases de picos. A partir do raster MDEHC, foi aplicada a ferramenta “Zonal Statistics” para calcular os valores máximo, mínimo, média, entre outros, e também sobre a declividade representada em graus. Como resultado, obteve-se a declividade média para cada área, e em seguida as declividades máximas ( $\geq 25^\circ$ ).

As diferenças de altitude, neste trabalho denominadas de “amplitude”, foram calculadas para em seguida extrair as feições com valores  $\geq 100$  m. Assim, as áreas onde a declividade fosse maior que  $25^\circ$  e a amplitude maior que 100m, foram identificadas através da ferramenta “extract by location”. Nessas áreas, foram calculadas as alturas mínimas para o terço superior (altura-máxima – (amplitude/3)), os quais serão utilizadas para extrair do modelo MDEHC, os pixels representando as APPs topo de morro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

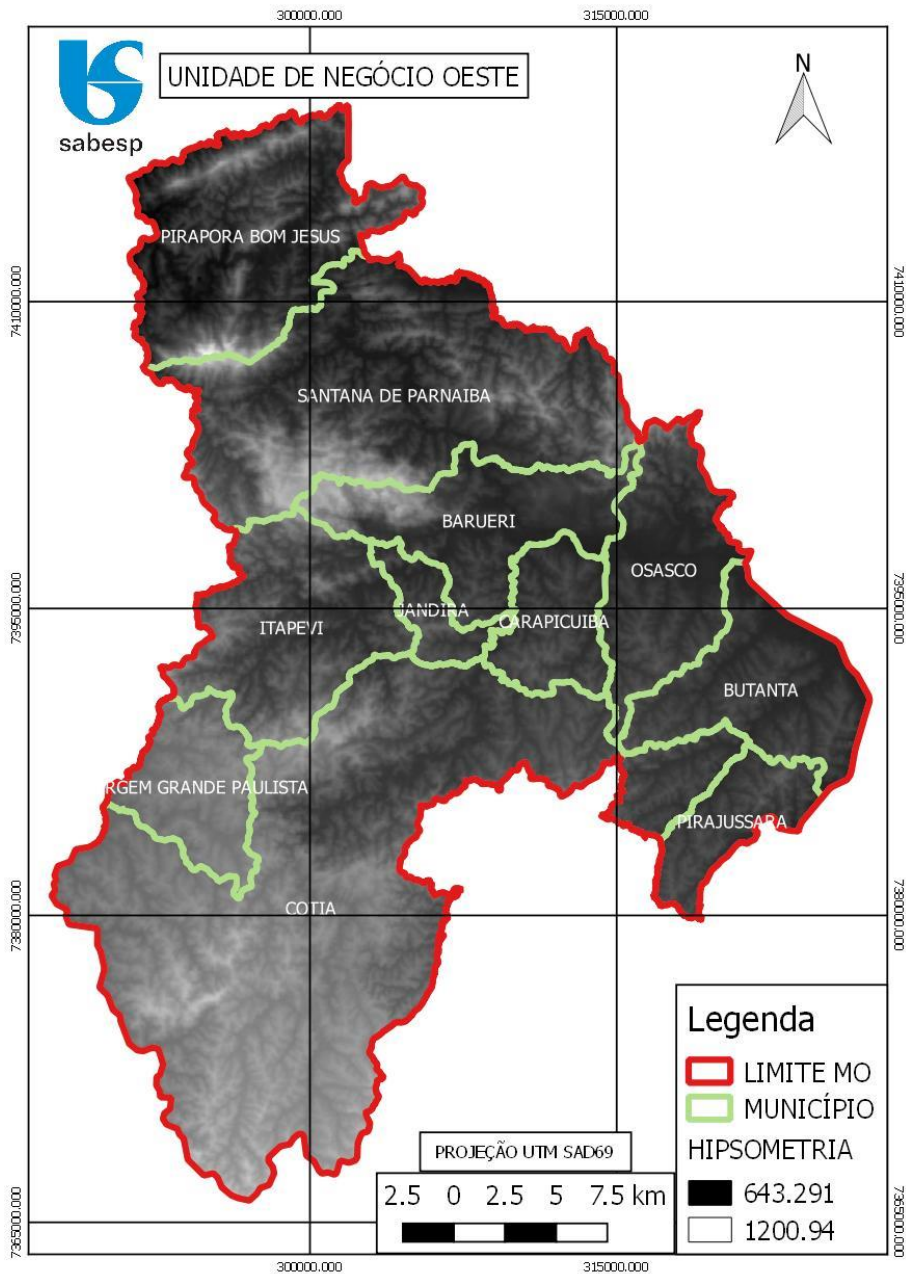
Os procedimentos detalhados na etapa anterior foram executados por município integrante da MO, para não sobrecarregar os algoritmos do SIG utilizado. Com isso, obteve-se os valores de áreas, cotas mínimas e máximas para cada município como apresentado na tabela 1.

O mapa hipsométrico foi construído no software QGIS e é apresentado na figura 2 onde encontram-se delimitados a área de estudo e os municípios que a compõe. Ressalta-se a presença de cotas mais elevadas nos municípios de Pirapora de Bom Jesus e Santana do Parnaíba.

**Tabela 1. População, Área, cotas máximas e mínimas por município**

Fonte: Autores (2017)

Nome	Área (km <sup>2</sup> )	População	Cota Mínima (m)	Cota Máxima (m)
Barueri	67.226	264.935	709,67	1072,17
Butantã (Butantã)	63.653	478.080	715,40	863,01
Carapicuíba	34.063	394.465	713,31	849,88
Cotia	324.964	233.696	742,49	1.086,52
Itapevi	82.128	226.488	731,38	1.041,15
Jandira	17.368	120.177	721,50	880,63
Osasco	64.602	696.382	714,21	1.013,05
Pirajussara (São Paulo)	30.267	607.375	723,00	853,24
Pirapora do Bom Jesus	108.515	17.913	643,29	1.200,94
Santana de Parnaíba	179.984	129.261	692,62	1.163,61
Taboão da Serra	20.473	275.948	737,19	868,97
Vargem Grande Paulista	42.490	49.542	802,59	968,29

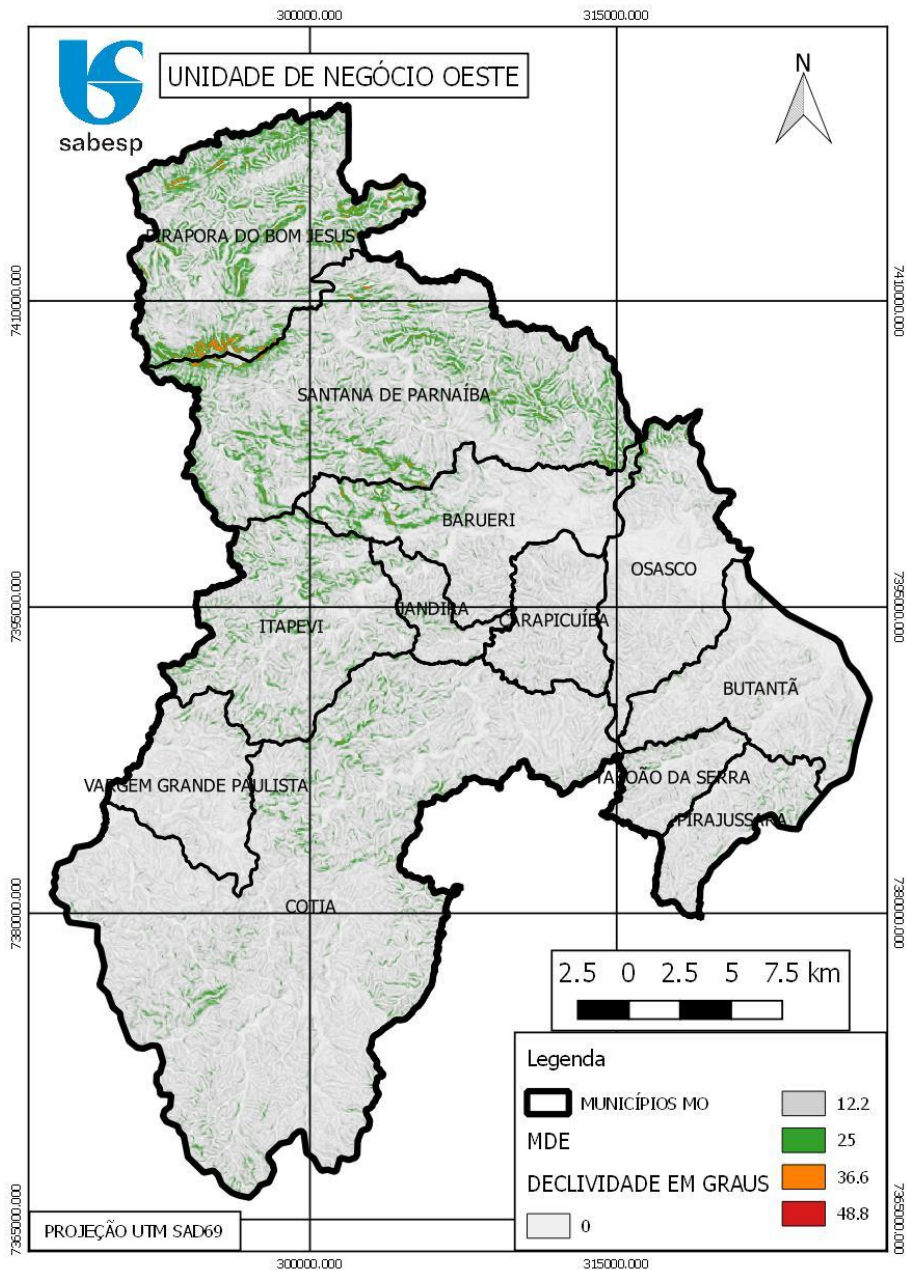


**Figura 2. Mapa Hipsométrico da Unidade de negócio MO.**

Fonte: Autores (2017)

Como planejado, foi gerado um mapa de declividade da MO a partir do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) para se analisar os municípios com declividade maior que 25 graus, de acordo com a Lei, conforme apresentado na Figura 3:



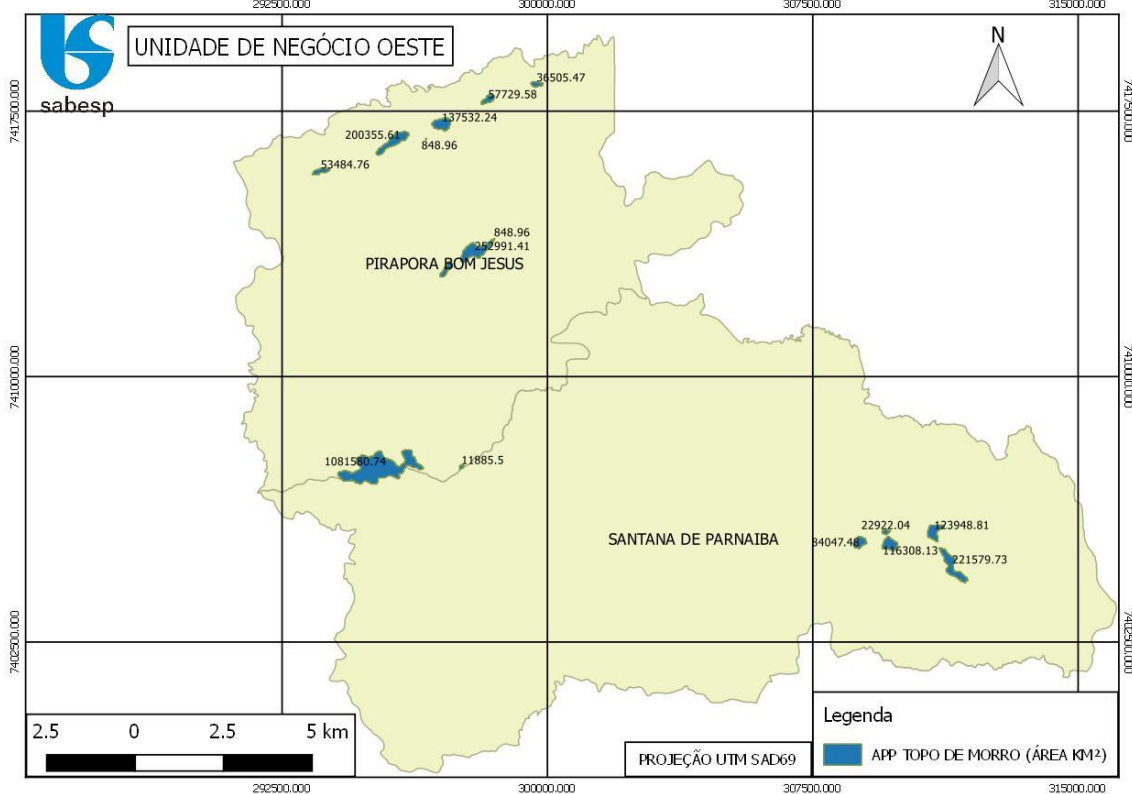


**Figura 3. Mapa Declividade da Unidade de negócio MO**

Fonte: Autores (2017)

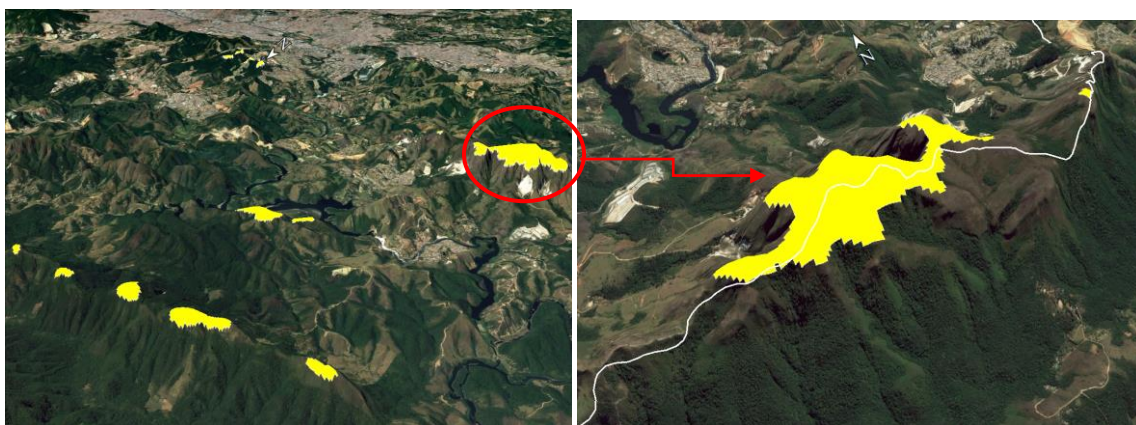
Para a confecção deste mapa, as declividades menores que 25 graus ficaram nas cores branco e cinza claro para destacar as inclinações maiores, nas cores verde, laranja e vermelho. Verifica-se que todos municípios apresentaram alguma região com inclinação maior que 25 graus, com a predominância de áreas com inclinação entre 25 e 36,6 graus (cor verde). Apesar de que visualmente não seja possível identificar as cores verdes em alguns municípios, estes apresentam sim algumas áreas com inclinação maior que 25°. Os municípios com maior prevalência de áreas inclinadas são Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba.

O primeiro grupo de mapeamento das APP foram a junção das cidades de Pirapora de Bom Jesus e Santana de Parnaíba por serem os municípios com maior incidência de rampas acima de 25 graus e terem o maior desnível altimétrico. Outro motivo para a união foi o fato de existir na divisa das duas cidades uma área com bastante morros próximos, que é o bairro do Suru e a Serra do Vuturuna: o limite administrativo por algumas linhas de cumeada neste local e caso o algoritmo fosse rodado isoladamente para cada município o mapeamento das APPs Topo de Morro poderia ficar comprometido já que seria computada somente metade da rampa em cada trecho e não o morro por completo. A figura abaixo mostra as APP geradas para os dois municípios:



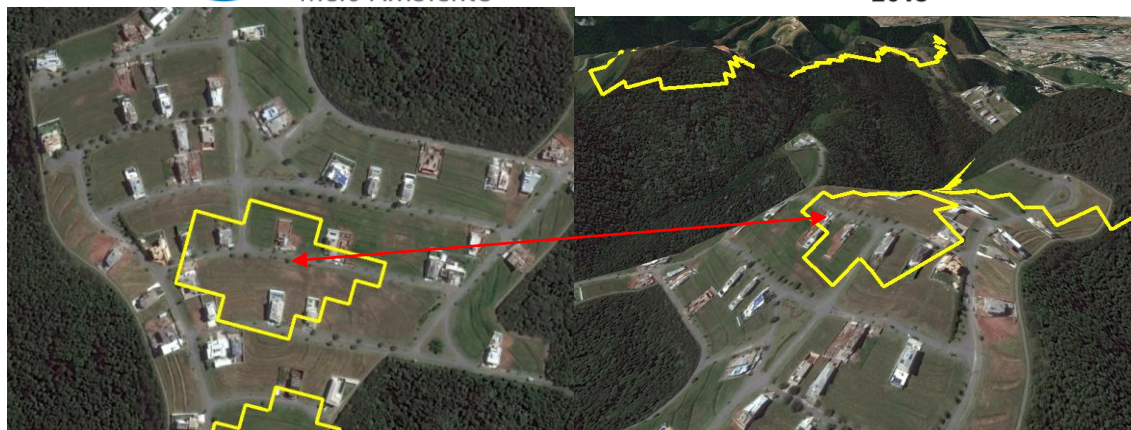
**Figura 4. Mapa de APP Topo de Morro de Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba**  
Fonte: Autores (2017)

Conforme apresentado na figura 4, há dezesseis APPs Topo de Morro nos dois municípios, totalizando 2,47 km<sup>2</sup> de área de projeção. A APP de maior tamanho é justamente a que fica na divisa entre as duas cidades no bairro do Suru, com uma área de 1,09 km<sup>2</sup>, com uma altitude variando entre 1100 e 1200m, que é a maior da MO. A figura abaixo mostra uma perspectiva de todas APPs e um detalhe da APP do Suru:



**Figura 5. Vista tridimensional das APPs Topo de Morro em Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus e Detalhe da APP do Suru na divisa (linha branca)**  
Fonte: Google Earth Pro

É importante ressaltar que uma APP pode, ocasionalmente, estar localizada em área construída podendo gerar conflito de ocupação urbana, como é o caso da APP mostrada na imagem abaixo, se sobrepondo no bairro Gênesis II, condomínio residencial de alto padrão em Santana de Parnaíba:



**Figura 6. APP ocupando o condomínio residencial Gênesis II**

Fonte: Google Earth Pro

Não foram identificadas APPs Topo de morro nos demais municípios integrantes da Unidade de Negócio MO, pois não atenderam os requisitos considerados pelo Novo Código Florestal com relação a declividade máxima e a amplitude. Os valores encontrados para cada município são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2. Declividade Máxima e Amplitude maior encontrada nos municípios e distritos integrantes da Unidade de Negócio MO**

Município	Declividade máxima (graus)	Amplitude maior encontrada (m)	Presença de APP topo de morro
Cotia	33°	29,29	Não
Barueri	36,3°	41,60	Não
Jandira	28,2°	38	Não
Vargem Grande Paulista	27,1°	14	Não
Osasco	36,2°	38	Não
Taboão da Serra	25°	32	Não
Carapicuíba	22,3°	28	Não
Itapevi	32,7°	126	Não
Distrito do Butantã, município de São Paulo	29,4°	27	Não
Distrito do Pirajussara, município de São Paulo	18,5°	43	Não

É interessante ressaltar a relação percentual entre as APPs topo de morro identificadas e relacioná-las com as áreas dos municípios, no caso Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, bem como a superfície territorial da Unidade de Negócio Oeste, conforme apresentado na tabela 3.

**Tabela 3. Relação entre as áreas de APPs identificadas e as respectivas áreas totais**

Município/Área de estudo	Área de APP	Área do município (km <sup>2</sup> )	Relação percentual (%)
Santana de Parnaíba		179,98	1,3724%
Pirapora do Bom Jesus		108,515	2,2762%
Unidade de negócio MO	2,47	1035,84	0,2385%

A baixa incidência das APPs Topo de Morro se dá pelas declividades serem menores que 25 graus e a amplitudes dos morros também serem inferiores que 100 metros. Segundo SILVA (2017), no nosso país é raro existir uma montanha ou serra com inclinação média maior que 25 graus. Portanto, quando os critérios do Novo Código Florestal substituem os critérios da Resolução Conama nº 303, percebe-se uma redução na proteção dada às APPs Topo de Morro.





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas ferramentas SIG foi possível determinar as APPs de Topo de Morro da MO. De acordo com as regiões identificadas, as APPs encontram-se de forma mais aglomerada no limite entre Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba e praticamente inexistentes nos demais municípios, já que são municípios mais planos e com atitudes mais brandas.

Vale lembrar que o mapeamento destas APPs são a primeira etapa. A segunda etapa seria a vistoria em campo, podendo assim serem usadas como um estudo prévio para estruturar os custos.

Os resultados apresentados podem se mostrar diferentes, principalmente a altimetria, caso a base planialtimétrica seja outra, como um MDE advindo de outro satélite, um levantamento topográfico ou um cadastro feito por GPS, por exemplo.

Logo, os colaboradores da SABESP que tenham interesse em fazer estudos ambientais na área agora dispõem de uma base de dados. Este trabalho também mostra que é possível mapear APPs de forma “gratuita”, isto é, o operador não precisa de investimento para adquirir uma licença de um software pago, pois o QGIS é um software livre e poderoso e o MDE Topodata é fornecido de graça.

Assim, faz-se a sugestão que estudos do tipo de uso e ocupação de solo sejam feitos em outros municípios atendidos pela Companhia para se verificar a atual situação quanto a legislação ambiental, de tal forma que os mapeamentos futuros sejam um produto que a SABESP possa oferecer às prefeituras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2001.
2. CAMPOS, S.; PESSOA, M. L.; BARBOSA, A. P.; RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; MORA, V. B. Geoprocessamento Aplicado na Identificação e Localização Potencial de Conflitos de Uso em Áreas de Preservação Permanente na Microbacia do Córrego Monte Belo. Botucatu – SP. Acta Agronômica, São Paulo, v. 58, n.4, p.299-302, 2009.
3. OLIVEIRA, G. C.; FILHO, E. I. F. Metodologia para Delimitação de APP em Topos de Morro Segundo o Novo Código Florestal Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu- PR, 2013.
4. 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). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, p. 4119-4128. Florianópolis, 21-26 abril 2007.
5. PIETZSCH, N. Proposição de Metodologia Aplicada para Delimitação de Área de Preservação Permanente (APP) de Margem de Rio e APP de Topo de Morro, Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento, Conforme Diretrizes do Novo Código Florestal Brasileiro. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
6. QGIS. QGIS Geographic Information System. QGIS Development Team, 2016. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>.
7. SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=505>>. Acesso em Março de 2017.
8. SANTILLI, J. F. R. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e sua Implementação no Distrito Federal. Rev. Fund. Esc. Super. Minist. Público Dist. Fed. Territ., Brasília, Ano 9, V. 17, p. 144 – 179, jan./jun. 2001.
9. SILVA, J.L.G.; WEGNER, N.; OSMAN, Y.; ALVES, A.R. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Topo de Moro Utilizando o QGIS. Unioste. Paraná, 2017.
10. TONIOLO, B.P. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente do Município de Vargem Grande Paulista, SP. Universidade Estácio de Sá. São Paulo, 2017.
11. TUCCI, C. E. M. Impactos da Variabilidade Climática e do Uso do Solo nos Recursos Hídricos. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Agência Nacional de Águas ANA, 2002.
12. Zuccari, M. L. Hidrografia. Associação Brasileira do Agronegócio de Ribeirão Preto - ABAG/RP. 2005.