



## 9620 - USO DE MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO NA CRIAÇÃO DE MAPAS DE HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE NA UNIDADE DE NEGÓCIO OESTE SABESP

### **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.

**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 atual estudo tem o intuito de caracterizar o relevo da Unidade de Negócio Oeste (MO) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a partir de um Modelo Digital de Superfície (MDS) que é o TOPODATA com resolução espacial de 30m, disponibilizado gratuitamente pela INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Os produtos gerados foram um mapa de declividade, um mapa hipsométrico, uma carta com as curvas de nível com equidistância de 10m e uma maquete eletrônica simplificada via HTML da área de estudo, mostrando-se similares a base cartográfica da SABESP e à altimetria do Google Earth. Assim, almeja-se ter contribuído com a criação de material cartográfico de qualidade como subsídios para futuros estudos ambientais, como uso e ocupação do solo e mapeamento áreas de preservação permanente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo Digital de Elevação, Curvas de Nível, Geoprocessamento.

### **INTRODUÇÃO**

A divulgação dos programas de geoprocessamento contribui para o estudo geográfico de diversas áreas, como por exemplo planejamento urbano e territorial, análise de recursos naturais e medidas geomorfológicas. Assim, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integram os dados multidisciplinares propondo opções para diminuir os impactos ambientais nas bacias hidrográficas, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei 9.433/97, que considera como plano de atuação água, meio físico, biótico, social, cultural e financeiro (Yassuda, 1993).

Para estudos de relevo de bacia, a aquisição de Modelos Digitais de Elevação (MDE) são de grande importância ao se averiguar os dados, já que estas imagens possibilitam a criação de informações da área de estudo, como por exemplo, curvas de nível e derivados como hipsometria e declividade. O Topodata disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é um exemplo de imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com uma resolução espacial de 30 metros.

Os trabalhos feitos desses procedimentos contribuem tanto para o planejamento físico como para o desenvolvimento da disciplina da geomorfologia em sala de aula, a proporcionar ao aluno uma metodologia mais eficiente do estudo de diferentes regiões.

A partir dos materiais resultantes podem ser feitos estudos ambientais, tanto na parte rural como na parte urbana como: regiões sujeitas à erosão, delimitação de rede hidrográfica, mapeamento de áreas de preservação permanente e subsídio ao projeto executivo de rodovias e drenagens, adequações do sistema viário e construção de obras de arte (barragens, túneis etc.). Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o potencial do SIG como cartografia temática, especialmente em perímetro urbano (Carelli et al., 2011).



## REFERENCIAL TEÓRICO

### GEOMORFOLOGIA

A Geomorfologia é a ciência que analisa o início e o desenvolvimento das formas topográficas sobre a superfície do planeta, cujas estas feições são resultados de processos litológicos atuais e passados.

As indicações gráficas de superfícies homogêneas são mais complexas para serem criadas em ambiente computadorizado pois a disponibilidade das imagens de radar é restrita ao seu tempo de órbita, impossibilitando a representação de uma taxonomia adequada. Contudo, as formas do relevo são mais representadas mais facilmente através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) pela criação de mapas de curvas de nível baseados em *rasters* ou MDEs (Jatobá, 2006).

A confecção de um mapa de declividade pelo MDE é profícua no planejamento de obras de infraestrutura como pontes, usinas e aterros por exemplo. Na Geografia, possibilita analisar disposições urbanísticas e agrícolas, baseando-se na dinâmica do espaço físico.

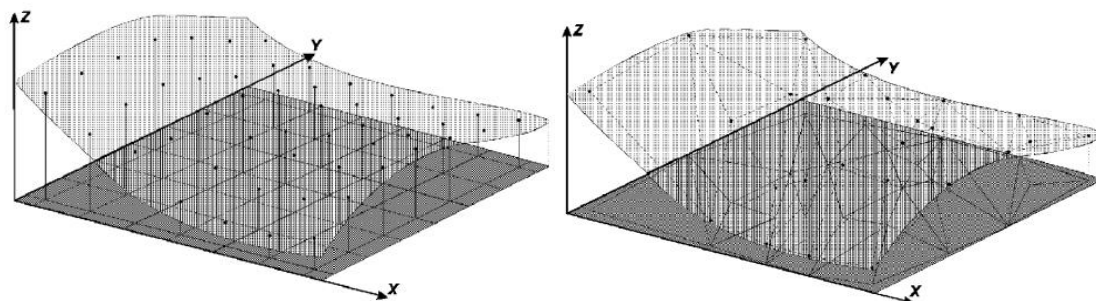
Entretanto, salienta-se que o geoprocessamento não pode ser somente uma ferramenta para a análise geomorfológica, todavia deve fazer a integração das demais disciplinas para consolidar esquematicamente a cartografia ambiental (Jatobá, 2006).

### MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

De acordo com Câmara et. al (2001), um Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação computacional de distribuição de um fator espacial que se manifesta dentro de uma zona da superfície da Terra. Dados de relevo, informações geológicas, levantamentos de mar ou de rio, informações meteorológicas e dados geofísicos são exemplos de fenômenos mostrados por um MDE.

Com um MDE, podemos armazenar dados de altimetria para gerar mapas topográficos, calcular volume de corte e aterro, gerar seções transversais e perfis longitudinais, criar imagens sombreadas ou em níveis de cinzas, mapas de declividade, de aspectos, de hipsometria e perspectivas tridimensionais (Câmara et. al, 2001).

Um MDE pode ter uma estrutura de dados do tipo grade regular ou malha triangular. A primeira é um sistema que aproxima as superfícies através de um poliedro de faces retangulares, sendo que os vértices desses poliedros são os próprios pontos representados, já que devem ser adquiridos na mesma localização x, y. O segundo é um conjunto de poliedros com as faces triangulares, sendo que os vértices do triângulo são os pontos amostrados na superfície, apresentando um detalhamento superior em relação à grade regular, já que as arestas triangulares preservam as informações morfológicas do terreno como as cristas e vales. A Figura 1 mostra um exemplo de cada tipo:



**Figura 1 – Esquerdo: Exemplo de grade regular. Direito: Exemplo de malha triangular**

**Fonte: Câmara et. al (2017)**

Um exemplo de MDE muito utilizado pela academia aqui no Brasil é o Topodata, disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais desde agosto de 2008. O Topodata possui uma resolução espacial de 30 metros e o seu processamento de dados é constantemente inspecionado e revisado desde 2011, com vista em corrigir eventuais problemas geomorfológicos. Além do MDE, o Topodata possui também outras derivações como declividade, orientação, relevo sombreado, octantes, curva vertical, curva horizontal, forma de terreno, divisores e talvegues (INPE, 2017).



## **GEOPROCESSAMENTO**

O Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que usa técnicas matemáticas e computacionais para tratar as informações geográficas ou georreferenciadas, baseando-se em três tecnologias: Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS em inglês) e Sistema de Posicionamento Global (GPS em inglês).

O SR é capaz de obter imagens e outros tipos de dados de monitoramento da superfície do nosso planeta, por meio da captação e registro da energia eletromagnética refletida ou emitida da superfície (imagens de satélites). Há vários softwares que executam o Processamento Digital de Imagens como o QGIS, de código aberto e o SPRING, do INPE (Gomes, 2015).

O SIG é muitas vezes confundido com geoprocessamento, mas este tem um conceito mais amplo a representar qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto o SIG processa dados gráficos e dados alfanuméricos, como por exemplo, mapas e tabelas, respectivamente, com o intuito de desenvolver análises espaciais e modelagem de superfície. Comparando com o SR, há mais programas para SIG, como o ArcGis, QGIS, Google Earth, ENVI, Spring, SAGA, GRASS etc.

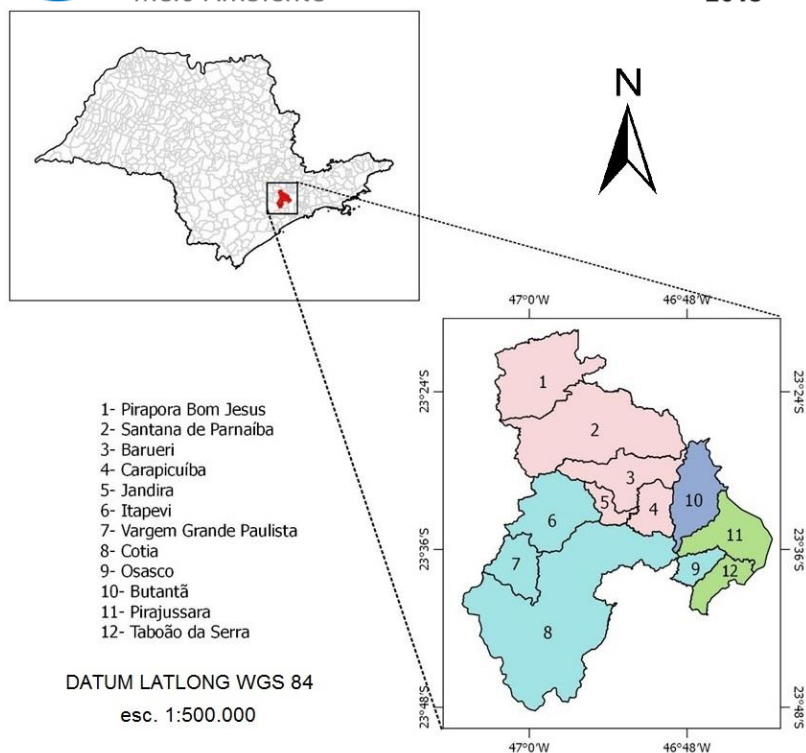
Câmara et. al. (2001) dizem que se o 'onde' é importante para seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho. Sempre que o 'onde' aparece, entre as questões e problemas que precisam ser solucionados por um sistema computadorizado, há oportunidade para se adotar um SIG.

Já o GPS baseia-se por satélites e é usado para se determinar a posição de um receptor na superfície terrestre. Este posicionamento é apresentado em coordenadas de longitude, latitude e altitude, podendo ser convertido em coordenadas UTM. Esse sistema pertence aos EUA e tem abarque mundial, entretanto possui concorrentes como o europeu GALILEO e o russo GLONASS (Gomes, 2015).

## **METODOLOGIA**

A área de estudo em foco foi a MO, localizada na zona oeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A Unidade de Negócio Oeste é uma das 16 Unidades de Negócio da Sabesp e integra a Diretoria Metropolitana, respondendo pela operação dos serviços de saneamento básico da região 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). Possui uma área de 1035,84 km<sup>2</sup> (Figura 2).

Criada em 1996, atende 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 (SABESP, 2017). A Unidade de Negócio Oeste está situada entre as sub-bacias 6 Tietê-Sorocaba e 10 Alto do Tietê.



**Figura 2 – Unidade de Negócio Oeste MO da Sabesp, situada na RMSP – Brasil.**

**Fonte: Autores (2017)**

As imagens SRTM estão disponíveis de forma gratuita no site do INPE, o Topodata. A carta usada como base foi a de Altitude n° 23S48N que mostra a altitude por pixels numa resolução de 30m x 30m. Esta foi recortada pelo *shapefile* do limite da MO, o qual foi criado a partir da mescla dos arquivos vetoriais dos municípios fornecidos pela SABESP.

No QGIS foi feita uma composição colorida falsa cor no *raster* recortado a gerar o mapa de hipsometria da MO (Figura 3), sendo que foi adotado o método de “intervalos iguais” e os pixels com valores negativos foram suprimidos. Depois foi gerado o mapa de declividade (Figura 4) a partir do comando *Slope*, em graus e computando as bordas do limite do *shape*.

Para a geração da modelagem tridimensional, foi usado o plugin Qgis2threejs, o qual se baseou no MDE da MO, usando um grau de exagero de 4x no eixo z (altimetria). Para melhorar o efeito estético, foi usada como máscara uma imagem Landsat 8 composição falsa cor RGB 321, com passagem em abril de 2017.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De início foi criado o mapa hipsométrico (Figura 3) que caracteriza a topografia e regionaliza facilmente as unidades que integram a área. Os recursos usados para este efeito mostram o histograma de frequências altimétricas (Gráfico 1) e o histograma de frequências de declividade Gráfico 2), onde pode se encontrar altitudes peculiares da MO melhor representadas na maquete tridimensional (Figura 5).

A altitude do MO varia entre 643 e 1201m, com uma amplitude de 558m. A região mais alta se situa entre os municípios de Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba, que são os morros próximos do bairro do Suru. Outra região alta é o bairro Aldeia da Serra que está na cota 1030m e fica em Santana de Parnaíba. Com exceção de Cotia, Vargem Grande Paulista e outros bairros pontuais, a maioria dos municípios encontra entre as altitudes 645 e 783m.

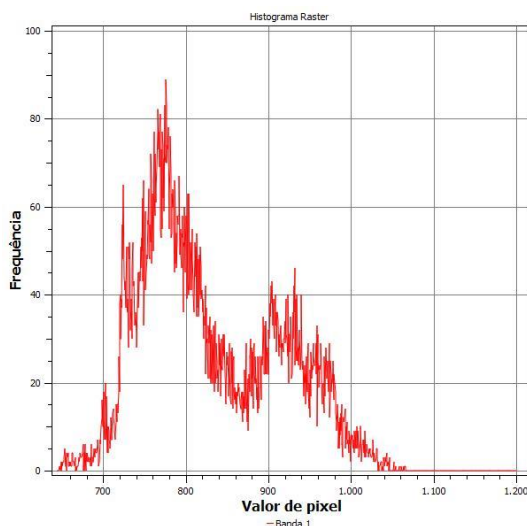
Os intervalos de altimetria podem ser ajustados de acordo com a necessidade do usuário. Neste mostrado, usou-se o modo de intervalo igual com 5 classes, cada com 139m, sendo a interpolação do tipo linear, mostrando as faixas dos corpos hídricos. É interessante ressaltar que se escolhido o modo discreto, as redes de



drenagens não são mostradas. No recorte do MDE, foi preciso suprimir os pixels com valores iguais a 0 para retirar a borda envolvente. O Gráfico 1 mostra a variação altimétrica encontrada na MO.

Outro dado obtido é a carta de declividade a partir do MDE (Figura 5), mostrando as inclinação em graus e que serve como um indicador para o se mostrar o escoamento superficial.

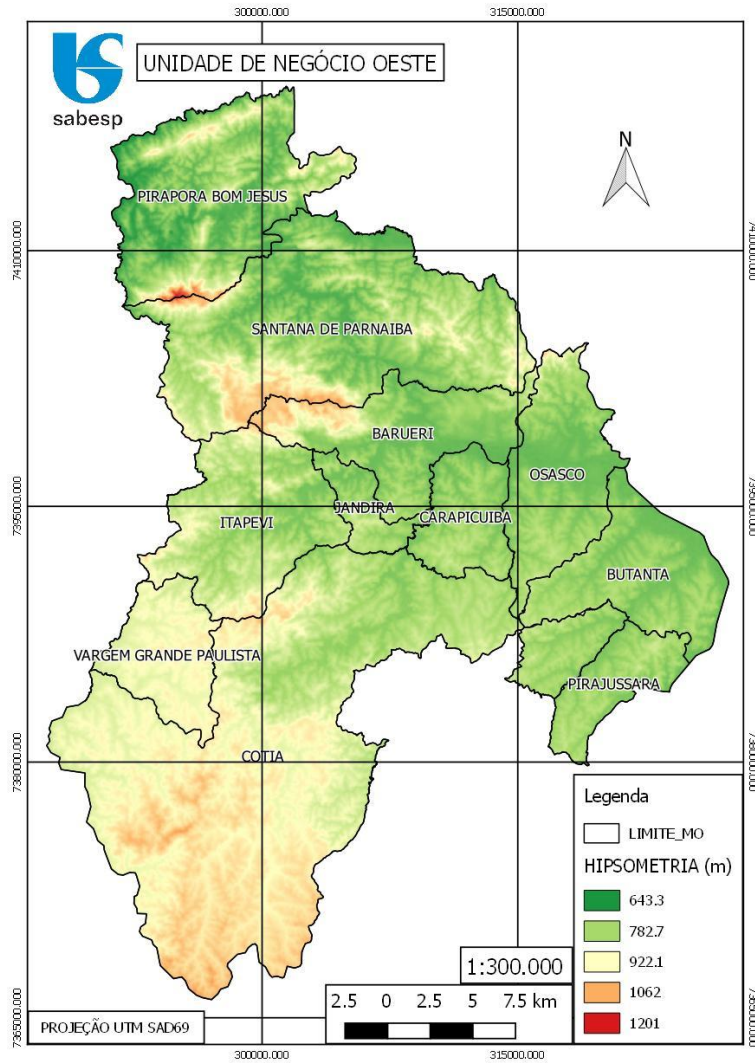
A declividade compatibilizada com outras variáveis fornece novas informações como uso do solo e legislação ambiental. Integrada com a hipsometria, fornece um resultado ainda mais refinado, mostrando as áreas com potencial de inundação. Considerando apenas as propriedades físicas de uma microbacia, as inundações são mais frequentes nas áreas de baixas altitudes e de declives baixos, áreas de várzea, locais que ocorre a saturação do solo.



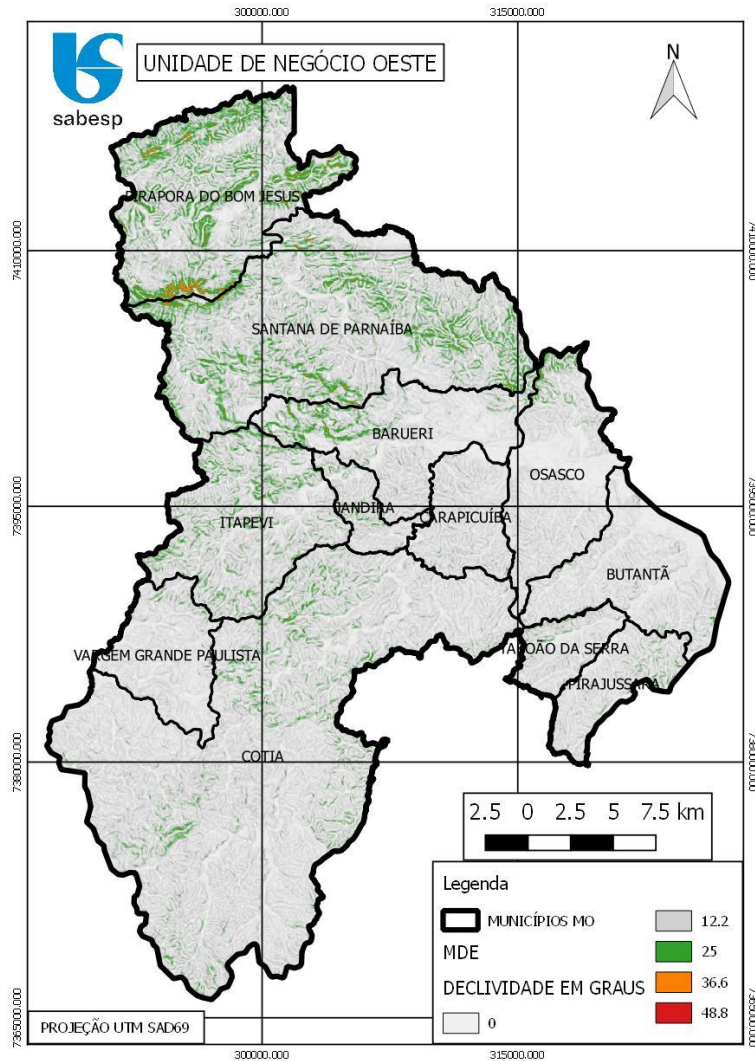
**Gráfico 1 – Variação em metros da altitude na MO.  
Fonte: Autores (2017)**

Analisando a Figura 5, a maioria dos municípios possuem uma inclinação de até 12 graus, com exceção de Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus que possuem regiões com declividade de até 34 graus, que é novamente as morros próximos do bairro do Suru. É importante ressaltar que a MO não possuiria APPs do tipo de Declividade que são áreas com inclinação maior que 45 graus.

Analisando Gráfico 2, percebe-se que a maior frequência de declividades, cerca de 5.000 vezes, encontra-se em 13 graus, sendo que o mapa foi dividido em cinco intervalos.

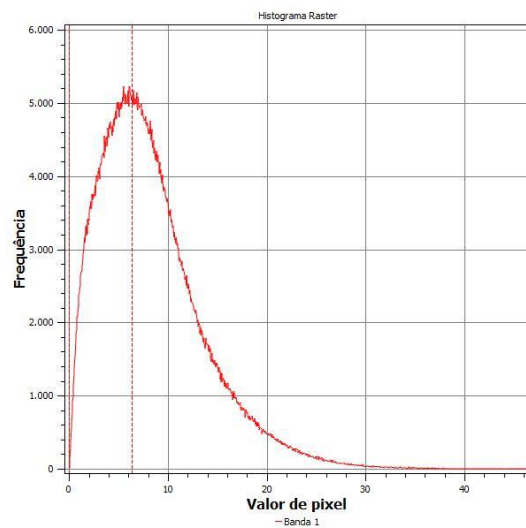


**Figura 3 – Mapa Hipsométrico da MO.**  
**Fonte: Autores (2017)**



**Figura 4 – Mapa de Declividade da MO.**

Fonte: Autores (2017)



**Gráfico 2 – Variação em graus da declividade na MO.**

Fonte: Autores (2017)



A Figura 5 ilustra o modelo tridimensional criado a partir do plugin do QGIS, mostrando uma perspectiva da MO, sendo possível visualizar algumas feições do relevo, principalmente os morros e lagos, estes representados na cor escura.

Neste modelo foi adicionado uma imagem Landsat 8 que mostra o atual uso de ocupação do solo, principalmente as áreas urbanizadas, os corpos hídricos e as áreas verdes. Esta maquete facilita a análise espacial, mesmo que de forma preliminar, como por exemplo extrair a posição de coordenadas N, E e Z a partir de um clique do *mouse*.



**Figura 5 – Perspectiva da MO criada no QGIS: esquerda, posição geral e direita, zoom na represa de Pirapora captando coordenadas (esfera amarela e tabela cinza).**

**Fonte: Autores (2017)**

Ainda de acordo com Câmara (2001), o uso de imagens SRTM deriva outras aplicações como delimitação de bacias hidrográficas, perfis longitudinais, extração de rede de drenagens, mapeamento de áreas de preservação permanente, cálculo de volume e aterro etc. Tudo isso feito por meio de geoprocessamento, a contribuir para o planejamento ambiental.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi observada uma pequena parcela da potencialidade do uso do SIG aplicado à Geomorfologia, a gerar com êxito as cartas de hipsometria e declividade.

Contudo, existe a ressalva que áreas pequenas menores que 50.000 m<sup>2</sup> ou plantas com escala maior que 1:5000 devem ser estudadas por levantamentos em campo, como cadastro planialtimétrico ou nivelamento geométrico, devido à precisão espacial das imagens SRTM que é 30m, podendo apresentar erros, como por exemplo num *pixel* de 900m<sup>2</sup> constar como uma altitude 725m, mas fisicamente lá exista uma depressão de 100m<sup>2</sup> com uma altitude de 719m.

O foco no diagnóstico de áreas morfotopográficas também ajuda na elaboração de estudos ambientais como localização de áreas com buracão e ainda quando relacionadas a outras informações como precipitações, áreas com acúmulo irregular de resíduos sólidos a fazer a previsão de pontos de alagamento, enchentes e prováveis deslizamentos de terra em áreas urbanas.

Assim, sugere-se utilizar imagens de satélite como complemento deste trabalho, ampliando as aplicações no campo do SIG aberto, sempre alinhando com o que há de novo em tecnologia.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer ao pessoal da SABESP que permitiram a criação deste artigo e também às instituições que cedem o fornecimento dos dados geográficos.





## 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. CARELLI, L.; LOPES, P. Geoprocessamento como Subsídio à Análise Ambiental: Curvas de Nível na Geração de Mapas. Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, 2011.
3. GOMES, M.A.A. O que é e para que serve o Geoprocessamento? Centro Universitário Assunção – UNIFAI. Disponível em <<http://www3.unifai.edu.br/pesquisa/publica%C3%A7%C3%B5es/artigos-cient%C3%ADficos/professores/sequenciais/o-que-%C3%A9-e-para-que-serve-o>>. Acesso em Maio de 2017.
4. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em Maio de 2017.
5. JATOBÁ, L. Noções Básicas de Geomorfologia. Universidade Federal de Pernambuco – UFP, 2006.
6. QGIS. QGIS Geographic Information System. QGIS Development Team, 2016. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em:<<http://www.qgis.org/>>. Acesso em Março de 2017.
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. TONIOLO, B.P. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente do Município de Vargem Grande Paulista, SP. Universidade Estácio de Sá. São Paulo, 2017.
9. YASSUDA, E.R. Gestão de Recursos Hídricos: Fundamentos e Aspectos Institucionais. Revista Administração Pública. V. 27, n.2, p. 5-18, 1993.