



## SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO A REPRESENTAÇÕES TRIDIMENSIONAIS DE MODELO NUMÉRICO DE TERRENO

Maurício **Polidoro**<sup>1</sup>, Mariane Mayumi Garcia **Takeda**<sup>2</sup>, Mirian Vizintim Fernandes **Barros**<sup>3</sup>,  
José Augusto de **Lollo**<sup>4</sup>

(1 - Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos Rodovia Washington Luís, km 235 – SP 310. CEP: 13565-905. São Carlos – SP, [mauricio\\_polidoro@yahoo.com.br](mailto:mauricio_polidoro@yahoo.com.br), 2 - Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Coordenação Geral de Observação da Terra, [maritakeda@gmail.com](mailto:maritakeda@gmail.com), 3 - Programa de Pós Graduação em Geografia - Universidade Estadual de Londrina, [vizintim@uel.br](mailto:vizintim@uel.br), 4 - Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista lolloja@dec.feis.unesp.br)

### Resumo

O presente artigo propõe utilizar as tecnologias geográficas disponíveis para a criação de um ambiente tridimensional na região do município de Ibiporã-PR delineando suas aplicações nos estudos da Cartografia Temática, Geomorfologia, Planejamento Urbano e Regional e nas Engenharias. Com o resultado, foi possível tecer algumas observações quanto as restrições de cartas disponíveis na internet e suas aplicações, delineando possíveis cenários para usar tais estudos em diagnósticos urbano e ambientais.

**Palavras-chave:** Terceira Dimensão, Geotecnologias, Geografia, Planejamento Regional, Engenharia.

### Abstract

---

Artigo recebido para publicação em 06 de Abri de 2010

Artigo aprovado para publicação em 14 de Outubro de 2010



## **GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPLIED TO THE REPRESENTATION OF THREE-DIMENSIONAL DIGITAL TERRAIN MODEL**

This paper proposes using geographic technologies available to create a three dimensional environment in the municipality of Ibiporã-PR outlining their applications in studies of Thematic Cartography, Geomorphology, and Urban and Regional Planning in Engineering. With the result, it was possible to make some observations about the constraints of charts available on the Internet and its applications, outlining possible scenarios for using such studies in urban and environmental diagnostics.

**Keywords:** Third Dimension, Geotechnologies, Geography, Regional Planning, Engineering.

### **RÉSUMÉ**

#### **SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUE A LA REPRESENTATION EN TROIS DIMENSIONS MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN**

Ce document propose d'utiliser les technologies géographiques disponibles pour créer un environnement en trois dimensions dans la municipalité de Ibiporã-PR décrivant leurs applications dans les études de cartographie thématique, géomorphologie, et planification urbaine et régionale dans l'ingénierie. Avec le résultat, il était possible de faire quelques observations sur les contraintes de cartes disponibles sur l'Internet et ses applications, décrivant les scénarios possibles pour l'utilisation de telles études dans le diagnostic urbain et environnemental.

**Mots-clés:** la troisième dimension, Géotechnologies, géographie, aménagement du territoire, de l'ingénierie.

### **1 - Introdução**

A disseminação dos softwares de Geoprocessamento entendido como uma ferramenta que se utiliza de técnicas matemáticas e computacionais para a representação do espaço no computador, tem contribuído para inúmeras áreas de estudos geográficos, desde o planejamento urbano e regional, como na análise de recursos naturais e feições geomorfológicas.



No caso de estudos geomorfológicos, a aquisição de imagens do Radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados no Brasil pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Agropecuária) gratuitamente é de grande importância para a análise de dados, pois através destas imagens é possível gerar informações da região de interesse, como por exemplo, curvas de níveis, e, possibilita ainda a produção de outros mapas derivados como de altimetria e declividade. Além destes, a criação do Modelo Numérico de Terreno (MNT) proporciona a concepção de representações tridimensionais podendo ser aplicadas em diversas análises ambientais.

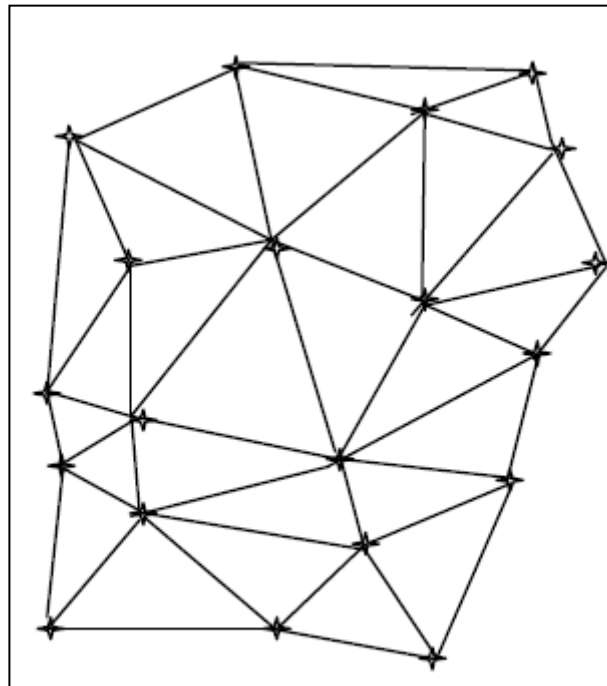
Os trabalhos oriundos dessas técnicas podem contribuir tanto para o planejamento físico-territorial como para o desenvolvimento da disciplina de Geomorfologia em sala de aula proporcionando ao aluno uma metodologia mais prática do estudo de diferentes regiões.

A partir dos produtos citados podem ser realizados estudos e análises ambientais, tanto no âmbito urbano quanto rural, tais como: regiões propícias à erosão, delimitação de rede hidrográfica, subsídio para demarcação das áreas de preservação permanente além de ser de grande utilidade para a engenharia no desenvolvimento de projetos de rodovias, adequações do sistema viário e construção de barragens. A partir disso, este trabalho tem como objetivo apresentar as potencialidades do SIG para a elaboração da cartografia temática, bem como a importância desta para a análise de problemas ambientais em meio urbano.

## **2 - Modelo Numérico de Terreno (MNT)**

Um Modelo Numérico de Terreno (MNT) segundo Camara (2006) é “uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre.” Este modelo pode ser gerado a partir de curvas de nível e pontos altimétricos. Através destes dados é possível gerar além de representações tridimensionais (quando sobrepostas com outras informações) como também mapas de declividade, curvas de nível e cálculos de corte/aterro (CAMARA, 2006).

Para a definição do tipo de MNT e evitar problemas como o de inconsistência na sua geração, existe método baseado na triangulação (Figura 1), sendo importante definir a maneira mais adequada a ser utilizada no processo de amostragem. As amostragens compreendem a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse.



**Figura 1:** Estrutura do TIN (Triangular Irregular Network)

O processo de amostragem dos dados pode ser classificado em regular ou irregular. Os processos automáticos como os obtidos por aerofotogrametria ou imagens de RADAR são considerados amostras regulares espaçadas ao longo do terreno, enquanto uma amostra irregular se dá através de levantamentos feitos, por exemplo, com aparelhos GPS (*Global Position System*) onde os pontos são coletados irregularmente em diferentes pontos no campo.

Dessa forma, o MNT é caracterizado por um conjunto de amostras, as quais determinam a geometria do terreno, uma estrutura de dados, que permite definir relações topológicas/proximidade entre as amostras, e por fim um interpolador, responsável pelo processo de reconstrução da superfície do terreno.

### 3 - A Geomorfologia e o Geoprocessamento

A Geomorfologia é a ciência que estuda a gênese e a evolução das formas de relevo sobre a superfície da Terra, onde estas formas são resultantes dos processos atuais e pretéritos ocorridos nos litotipos existentes (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Sendo esta, a disciplina estudiosa das formas do relevo, em diferentes escalas, e, que para análise de detalhe, Demek (1967), afirma que as cartas geomorfológicas de detalhe devem-se utilizar das unidades básicas de taxonomia como: superfícies geneticamente homogêneas, formas de relevo e tipo de relevo; através das técnicas de Geoprocessamento a representação destas torna-se, na atualidade, muito fácil.

As representações das superfícies homogêneas são mais difíceis de serem desenvolvidas no ambiente do computador tendo em vista que a disponibilidade das imagens de radar é temporalmente restrita e impossibilita a representação desta taxonomia que é condicionada por inúmeros processos geomorfológicos ao longo dos anos. Entretanto, as formas de relevo podem ser representadas de maneira mais fácil através das técnicas de informação geográfica na qual basicamente, através da geração dos mapas de curvas de nível como bases podem gerar *rasters* que possibilitam o desenvolvimento de outras representações.

A geração do mapa de declividade através do *raster* gerado pelas imagens de radar é extremamente útil no planejamento de obras de engenharia como instalação de usinas e aterros, por exemplo. No campo da Geografia, é possível analisar as tendências e formas da urbanização e do desenvolvimento agrícola, podendo sustentar bases para analisar a dinâmica do espaço.

As contribuições que os mapas de hipsometria, declividade e outras representações como as tridimensionais que representam a estrutura do relevo proporcionam inúmeros subsídios para desenvolvimento de diagnósticos e outros trabalhos para o planejamento urbano e regional são, pois através deles é possível estabelecer áreas de expansão urbana e agrícola, delimitação de áreas de preservação permanente e regiões suscetíveis a erosão.

A geomorfologia ultrapassa, neste sentido, a sua concepção básica de pesquisa da forma e elementos do relevo, da descrição dos elementos e das formas do terreno e entra no campo da utilidade técnica para pesquisa prática.

Todavia, é necessário ressaltar que o Geoprocessamento não tem somente a finalidade técnica quando aliado a Geomorfologia, mas também serve de base para a construção conceitual concretizando graficamente a natureza geomorfológica.

#### **4 - Metodologia**

##### *4.1 - Área de estudo*

A área de Ibiporã apenas foi tomada como exemplo, não é objetivo deste trabalho realizar a analisar dos dados elaborados no que diz respeito a sua distribuição espacial e implicação ambiental, mas sim de sua importância e validação nos trabalhos ambientais.

De acordo com PMSB (2009) existem algumas áreas no município que estão local e parcialmente recobertas por sedimentos inconsolidados oriundos da erosão e deposição das litologias mais antigas intemperizadas, formado por processo hidráulico-deposicional, fluvial no interior do continente, condicionado às calhas de drenagem dos rios e planícies de inundação. No município ainda existem falhas e/ou fraturas com sentidos predominantes nordestesudoeste e noroeste-sudeste. O curso inferior do rio Tibagi excepciona tal regra, pois se instalou no sentido norte-sul.

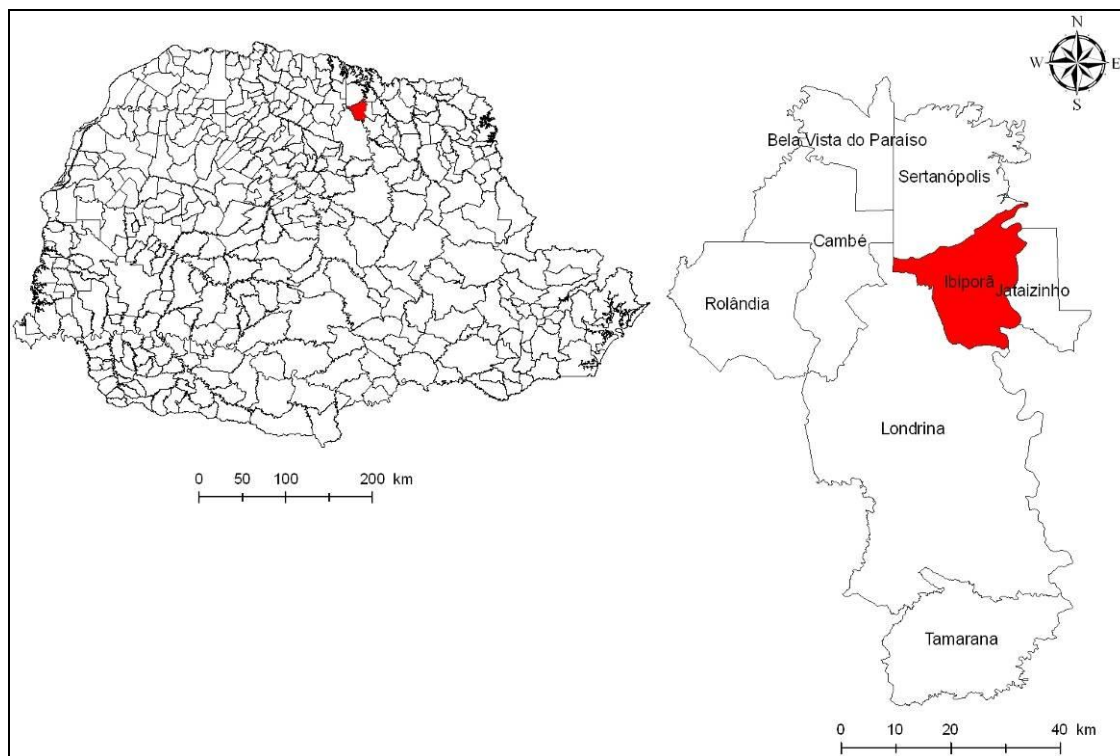


Figura 2 - Localização da área. Organização: Mauricio Polidoro.

#### 4.2 - Materiais e Métodos

Os materiais utilizados para a pesquisa foram:

- Imagens SRTM, (resolução 90m) disponibilizadas gratuitamente no site da EMBRAPA com escala 1:250.000 (IBGE).
- Imagem Spot 5 (Satellite Pour l'Observation de La Terre) passagem de 27/07/2006.
- *Shapefile* do perímetro urbano do município do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).
- ArcGIS 9.3 e extensão 3D Analyst disponível no laboratório IMAP&P – Imagens, Paisagens e Personagens da Universidade Estadual de Londrina, e
- Software ArcScene (mesma licença).

As imagens foram recortadas segundo base em *shapefile* do perímetro urbano do município extraída do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)

Em ambiente ArcGIS, foi feita uma composição colorida da imagem e posterior classificação em *simbology/classified* objetivando gerar o mapa de altimetria (figura 3) do



município adotando como método de classificação “definição de intervalo” e os zeros foram excluídos. Posteriormente, a partir da extensão *3D Analyst* a imagem foi transformada em *slope* para gerar o mapa de declividade (figura 4).

Para geração do mosaico foram utilizadas as mesmas imagens SRTM, e ainda uma imagem Spot 5 (*Satellite Pour l'Observation de La Terre*) da área do município de Ibiporã com passagem em 27/07/2006, também extraída do PMSB (2009), mas esta pode ser substituída por outra disponível. Neste sentido, foi possível gerar o modelo do plano altimétrico da região em análise de forma simples e rápida através do software ArcScene.

## 5 – Resultados e Discussão

Inicialmente foi gerado o mapa de Hipsometria, (Figura 3) que permite caracterizar a topografia e individualizar com facilidade as unidades que compõe a área. As feições altimétricas são ainda visualizadas na representação tridimensional apresentada na figura 4.

A hipsometria do município oscila de 326m a 600m, com uma variação de 274m. Na região mais a leste do município a hipsometria tem os menores valores, onde localiza-se o Rio Tibagi com variações entre 441m – 326m. As áreas mais altas estão próximas aos distritos da Warta de Londrina (região Oeste de Ibiporã e Norte no município de Londrina), próximo ao município de Bela Vista do Paraíso. Nesta região as variações chegam a 491m – 600m.

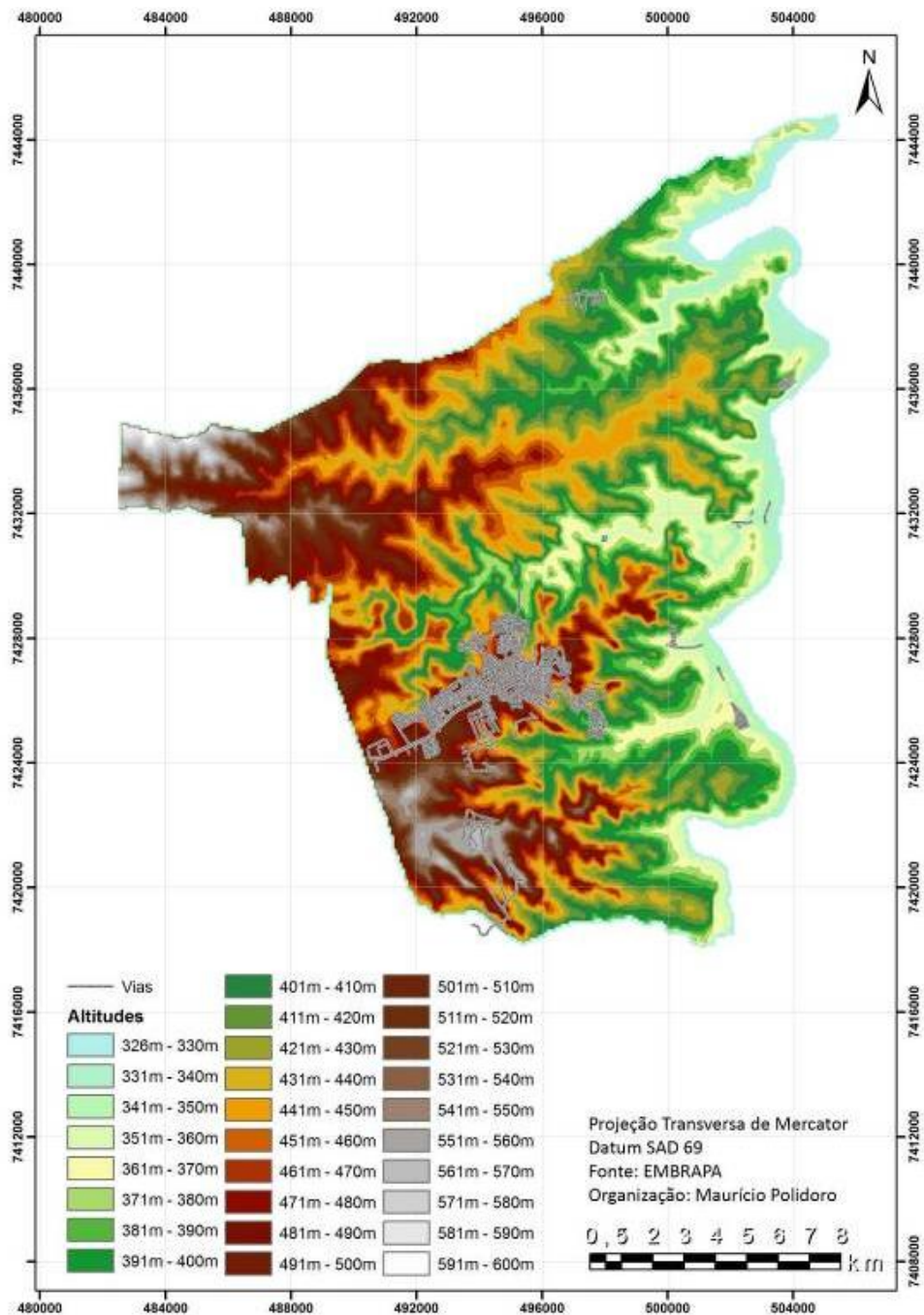
Neste apresentado, utilizou-se a classificação por intervalos sendo o tamanho deste determinado pelo valor de 10m, ou seja, as classes iniciaram-se no primeiro valor encontrado (326m) e intercalou-se de acordo com o tamanho definido até atingir o valor máximo encontrado na imagem do SRTM do recorte, correspondente a 600m.

Outra informação gerada a partir do MDT é a carta de declividade (figura 5), esta se constitui uma das formas de caracterizar o terreno, sendo um dos indicadores indispensáveis ao planejamento, pelos limiares que estabelece. A escolha das classes é também um fator relevante quando se analisa, por exemplo, a dinâmica do escoamento superficial.

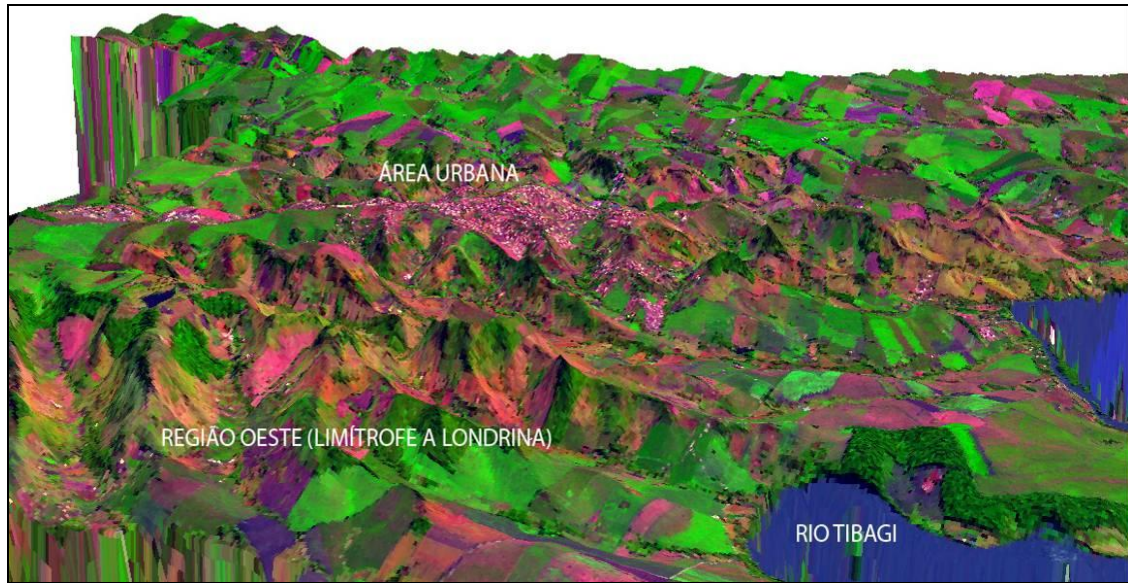
A variável declividade combinada com outras pode fornecer novos dados derivados, como por exemplo, com o uso do solo e legislação ambiental, permitindo estabelecer a aptidão à urbanização. Conjugada com a carta hipsométrica permite um resultado ainda mais fino, permitindo reconhecer as áreas potencialmente inundáveis. Considerando apenas as



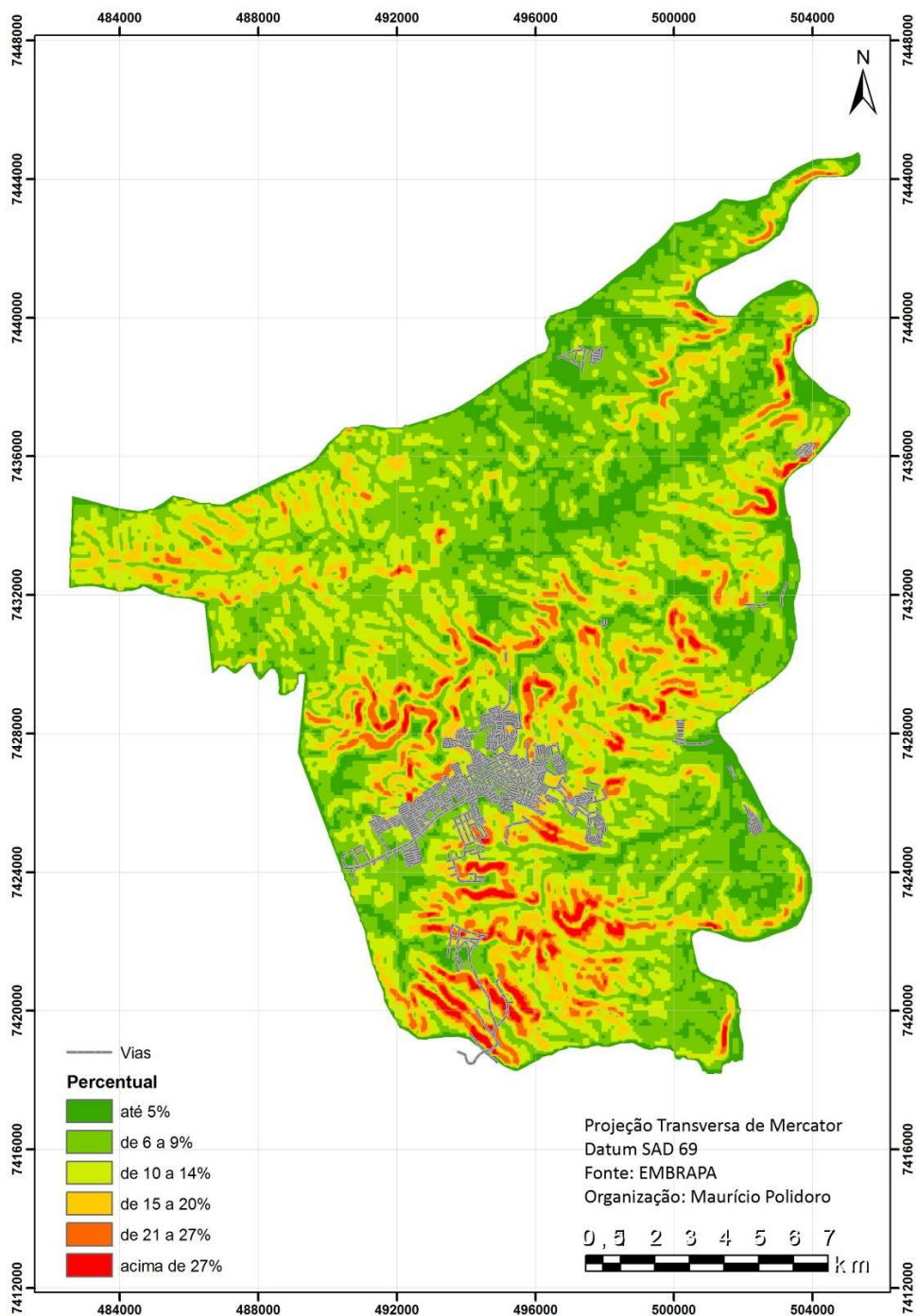
características físicas da bacia, as inundações são mais frequentes nas áreas de baixas altitudes e de declives muito baixos, pois são os locais onde, ocorre a saturação do solo e a água deixa de escoar e para acumular, (FARIA; PEDROSA, 2005).



**Figura 3:** Carta de Altimetria do município de Ibiporã/PR.



**Figura 4:** Imagem tridimensional do município de Ibiporã desenvolvida a partir das imagens SRTM.



**Figura 5:** Carta de Declividade do município de Ibiporã/PR.

Na declividade, os valores mais encontrados no município de Ibitiporã encontram-se na classe entre 5% e 14%. Para a geração desta carta foram definidos intervalos de seis classes (figura 5).

A partir do modelo tridimensional foi adicionado a esta camada uma imagem de alta resolução do satélite QuickBird, e por meio da ferramenta 3D gerou-se uma visualização panorâmica da área em análise. A vantagem deste tipo de representação é a facilidade em sua análise, que mesmo que primária, permite uma informações sobre o relevo e sua distribuição espacial e do uso do solo, sem que para isto seja realizado nenhum tipo de cartografia. Além disso, o software possibilita a realização de “vôos” onde vídeos podem ser gravados. Esta técnica além de ser útil em escritórios de planejamento diversos, pode ser utilizada no ensino de geografia na sala de aula.

A partir das representações utilizando-se das imagens SRTM é possível ainda, de acordo com Freire (2007): delimitar áreas de bacias hidrográficas, gerar perfis de terreno a partir do mapa de declividade, calcular dimensão e perímetro da região de estudo, visualizar áreas de vertentes auxiliando em projetos de drenagem e áreas de assentamentos humanos. Todas estas ações viabilizadas e agilizadas através da aplicação das ferramentas de Geoprocessamento, contribuindo para o planejamento do uso e ocupação do solo e suas implicações no meio ambiente.

## **6 – Considerações Finais**

Foi possível visualizar através das funções presentes nos softwares utilizados e com o auxílio das imagens SRTM, disponibilizadas gratuitamente na internet, poucas das inúmeras aplicações que as geotecnologias podem oferecer aliadas às Ciências, neste caso a Geografia aplicada à Geomorfologia.

No desenvolvimento do mapa de hipsometria foi possível, no software utilizado, classificar os intervalos de altimetria de acordo com os anseios do usuário.

Entretanto, algumas observações devem ser feitas, pois estudos em menores escalas devem utilizar-se de levantamentos topográficos mais específicos, já que a escala do SRTM é de 90m podendo apresentar inúmeros erros. Porém, para a representação de mapas e





visualização geral com intuito que objetivam de subsidiar futuros estudos dentro do planejamento físico-territorial as técnicas demonstraram um grande êxito.

O enfoque no reconhecimento de unidades morfotopográficas também auxilia na elaboração de diagnósticos ambientais como localização de áreas com voçoroca e ainda quando atreladas a outras informações como precipitação de chuvas, locais com deposição irregular de resíduos podendo prever pontos de alagamento, enchentes e possíveis deslizamentos nas áreas urbanas.

Dessa forma, recomenda-se ainda utilizar imagens orbitais para complementar este estudo, possibilitando vastas aplicações com maior exatidão contribuindo cada vez mais com o campo conceitual da Ciência Geográfica com estudos qualitativos adaptados aos avanços tecnológicos.

## 7 – Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio ao projeto “Impactos Ambientais Urbanos em Áreas de Expansão: Desafios ao Planejamento Metropolitano” por meio do processo n. 2009/11086-8. Agradecemos também ao CNPq pelo apoio ao projeto n. 06278. “Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina – PR – Brasil”.

## 8 – Referências

CAMARA, G. MEDEIROS, J.; *Geoprocessamento para Projetos Ambientais* In: CAMARA, Gilberto; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. (Org.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. 2006. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>

CASTRO, F. *A busca por relações entre Geoprocessamento e a geomorfologia na elaboração de um planejamento territorial*. Anais do II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracajú/SE. 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.



COUTINHO, B. B. S. *Um modelo digital de terreno baseado em triangulação retangular adaptativa*. Laboratório Nacional de Computação Científica. Petrópolis-RJ. 2003.

DEMEK, J. *Generalization of Geomorphological Maps*. In: Progress made in Geomorphological Mapping. Brno. 1967.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Brasil em Relevo*. Disponível em: < <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm> > Acesso em 10 de janeiro de 2009.

FARIA, R. ; PEDROSA, A. *Aplicação SIG na Elaboração de Cartografia Temática de Base na Bacia Hidrográfica do Rio Uíma –Santa Maria da Feira*. In Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2005. Universidade de São Paulo. São Paulo.

FREIRE, F.; PAREDES, E. A. *Aplicação do software Global Mapper 8.0 na elaboração de mapas temáticos no planejamento territorial*. Anais do I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2007.

GONÇALVES, M. L. A. M. *Geração de modelo digital de terreno a partir de mapas digitais 3D: estudo de caso visando garantir o contexto geomorfológico com redução de dados amostrais*. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 9, p. 105-119, 2003.

MAGALHÃES, M. *“Arquitetura Paisagista, morfologia e complexidade”* Editorial Estampa, Lisboa: 2001, p. 353-383.

MINEROPAR - Minerais do Paraná. *Atlas Geológico do Estado do Paraná*. Curitiba, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IBIPORÃ. *Plano Municipal de Saneamento Básico*. 2009.

ROSS, J. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. Editora Contexto. 80p. 1990.