

## TÉCNICAS DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DO RELEVO E DA DECLIVIDADE PARA ESTUDOS REGIONAIS

Luiz Gilberto Bertotti<sup>1</sup>  
Mauricio Camargo Filho<sup>2</sup>  
Mônica Rodrigues Brisolla Rúbio<sup>3</sup>  
Cleverson Gonçalves<sup>4</sup>

### Resumo

O presente trabalho teve por objetivo estudar o potencial dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), para obtenção de parâmetros adequados e geração de produtos temáticos digitais visando à representação do espaço geográfico para estudos regionais. O emprego de *hardware* tem sido um fator modificador da forma de condução dos trabalhos, sejam científicos ou não, aonde o uso intensivo dos mesmos vem revolucionando métodos e técnicas de abordagem de problemas específicos, propiciando, na maioria das vezes, avanços qualitativos expressivos e precisão dos resultados. Constata-se um avanço significativo no desenvolvimento de *software* específico para o tratamento de dados, baseado no uso de microcomputadores, denominados de “informação geográfica” ou mais simplesmente SIG's, que vem surgindo rapidamente e ganhando espaço considerado importantíssimo no meio científico. Tais sistemas apresentam peculiaridades que se destacam como sendo, eficientes e limitados. Quando o usuário de um SIG defronta-se, mais frequentemente do que possa parecer razoável, com situações de limitação tanto na operação como na aplicação destes sistemas. Nesse contexto as metodologias utilizadas foram às propostas por De Biasi (1970), Rosim, Felgueiras e Namikawa (1993); Bertotti (1997 e 2006); Pereira Neto e Valério Filho (1993), que empregadas isoladamente ou em conjunto, de forma integrada fornecem informações e dados importantíssimos no poder de decisão nos diversos estudos de pesquisa científica, bem como, na orientação de processos de

---

<sup>1</sup> Licenciado em Geografia - Professor Adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO – Brasil. E-mail: [bertotti99@gmail.com](mailto:bertotti99@gmail.com)

<sup>2</sup> Geógrafo - Professor Adjunto da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO – Brasil. E-mail: [mcamargo12@hotmail.com](mailto:mcamargo12@hotmail.com)

<sup>3</sup> Engenheira Cartográfica – Mestranda em Geografia na Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO - Brasil E-mail: [monicarubio04@hotmail.com](mailto:monicarubio04@hotmail.com)

<sup>4</sup> Graduando em Geografia e bolsista de Iniciação Científica, UNICENTRO E-mail: [kevo\\_goncalves@hotmail.com](mailto:kevo_goncalves@hotmail.com)

gestão e planejamento ambiental, como de natureza urbana/rural, além de geração de conhecimento das potencialidades socioambientais para fins de melhor aproveitamento e ocupação.

**Palavras-chave:** análise espacial; sistemas de informações geográficas; relevo; região.

## **Introdução**

O projeto proposto teve como objetivo pesquisar e obter os parâmetros adequados quando do emprego de técnicas de geoprocessamento referente ao relevo e a geomorfologia visando à representação do espacial nas áreas de interação entre os sistemas naturais e sociais quando da geração de produtos temáticos. Esses são imprescindíveis no estudo do planejamento de áreas urbanas e rurais, pois fornece informações básicas para a tomada de decisão sobre a ocupação do espaço territorial e áreas de preservação ambiental.

Perante aos graves problemas socioambientais, assume impulso a pesquisa científica, tanto de base como de aplicação em diversos segmentos do conhecimento ressaltando neste contexto a Geomorfologia, para poder determinar as possíveis áreas de ocupação e exploração racional, de suma importância, porque engloba o meio ambiente, a esfera de vida do homem e dos demais seres vivos.

Por outro lado, a carência de uma política urbana e rural claramente definida pelo Governo para o território brasileiro, tem feito, dentre outras disfunções sócio-espaciais, com que as propriedades rurais estejam num contexto de um falso planejamento ocupacional, se desorganizem e se deteriorem principalmente as médias e pequenas propriedades, expressando o processo de produção e reprodução do espaço e suas consequências mais imediatas. As ações do Poder Público, relativas ao planejamento das propriedades rurais e das condições de vida da população rural têm se revelado com pouco êxito, talvez porque o Governo não tenha compreendido suficientemente o funcionamento das áreas rurais, nem as tramas da organização do espaço geográfico.

### ➤ Localização da área de estudo

A área de estudo compreende as sub-bacias hidrográficas Paiol da Telha e Bulka, localizadas na porção meridional do município de Guarapuava, abrangendo parte

do terceiro Planalto Paranaense, situados na região Sul do Brasil (Figura 1).

As sub-bacias hidrográficas, Paiol da Telha e Bulka localizadas nos paralelos, 25° 23' 50" – 25° 30' 53" de latitude Sul e meridianos, 51° 20' 17" – 51° 28' 40" de longitude Oeste de Greenwich, altitude média de 1.100 metros e com uma área total de 12,269736 km<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Localização da área de estudo

➤ **Aquisição de material**

A aquisição de material consistiu em duas etapas a primeira um estudo de todo o acervo cartográfico digital e analógico, equipamentos e *softwares* disponíveis, a segunda a reunião destes materiais com a finalidade de construir a base cartográfica georreferenciada para o desenvolvimento da pesquisa. O *software* utilizado neste trabalho foi o SPRING Versão 5.1.6 – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – (Copyright – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE © SPRING) devido ser disponibilizado gratuitamente pelo INPE.

- Material Cartográfico – Meio Analógico

Carta Topográfica de Guarapuava: (Folha SG.22-V-D-III-3 MI-2838/3) na escala de 1:50.000 e equidistância de 20 metros.

- Equipamentos: Microcomputador (PC).

Imagens de Satélite: Imagens CBERS disponibilizadas no site do INPE.

➤ **Geoprocessamento**

O Geoprocessamento é uma tecnologia que abrange um conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados. Utiliza programas de computador que permitem o uso de informações cartográficas (mapas e plantas) e outras informações a que se possa associar coordenadas desses mapas ou plantas, ou seja, o geoprocessamento é o processamento informatizado de dados georreferenciados (CÂMARA, 1995).

➤ **Recorte espacial – delimitação das bacias hidrográficas**

A lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997 – Brasil (1997) e o documento mais importante dos recursos hídricos, tendo como um dos seus fundamentos basearem-se na bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Por isso, a importância criteriosa desta unidade topográfica.

O conceito de bacia hidrográfica envolve um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (GUERRA, 1980). Para Argento e Cruz (1996), a determinação da bacia hidrográfica se faz a partir das curvas de nível, traçando-se uma linha divisora de água que liga os pontos mais elevados – topos – da região em torno da drenagem considerada.

▪ **Levantamento da rede de drenagem**

Esta etapa caracterizou-se pelo levantamento da rede de drenagem com a finalidade de delimitar a bacia hidrográfica e os corpos d'água, assim caracterizando a rede de drenagem com relação ao padrão e densidade hidrográfica procurando estabelecer as relações com as unidades geoambientais.

▪ **Construção dos perfis longitudinais / levantamento das formas de topos e formas de vertentes**

Consistiu na construção dos perfis longitudinais e levantamento das formas de topos e vertentes na bacia hidrográfica, que se traduzirão numa menor ou maior

competência para transportar os materiais que fluem ao seu leito, nomeadamente, por correntes de turbidez, ou por movimentos de massa das vertentes.

Compilação de mapas: mapa base ou carta de referência, geologia, clima, vegetação hidrografia e solos

Consistiu na passagem de documentos analógicos em digital, através do processo de digitalização e scannerização.

- Confeção de produtos preliminares: mapa de hipsometria, mapa de declividade, mapa de uso da terra, com uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)

Consistiu na geração de produtos temáticos a partir da cartografia de base digitalizada no Sistema de Informação Geográfica.

### ➤ **Definição dos principais sistemas ambientais**

A definição dos sistemas ambientais (unidades morfológicas e geossistemas associados) e os aspectos dinâmicos do relevo serão realizados mapeamentos geológicos e geomorfológicos em escala de detalhe.

Dessa forma serão utilizadas imagens de satélite CBERS para a compartimentação das unidades morfológicas.

Contudo, em função da alta complexidade dos sistemas ambientais, considera-se ainda muito distante a possibilidade de um entendimento completo de todos os arranjos e variáveis envolvidos em uma unidade geográfica ou recorte espacial. As subdivisões dessas unidades geográficas em unidades inferiores podem possibilitar um melhor entendimento da estrutura e dinâmica da unidade territorial. A sequência da análise até o nível mais elementar, portanto, em escala de maior detalhe, certamente revela aspectos não considerados em escala menor. Esta subdivisão em unidades espaciais menores possibilita a utilização de métodos de análise baseados na modelagem do comportamento de processos físicos, baseados em técnicas de geoprocessamento, fornecendo um melhor entendimento do funcionamento destes recortes.

Por outro lado, a visão global da metodologia em unidades geográficas em escalas menores pode contribuir para o aprimoramento e integração de modelos aplicáveis em diferentes escalas maiores, buscando, assim, refletir o funcionamento dos ambientes a partir das interações de processos analisados em diversas magnitudes. A espacialização dos diferentes fenômenos conforme sua escala de interferência evidencia

as condições de inter-relação e herança entre os processos globais e locais, fornecendo a visão de sistema do espaço geográfico. A versatilidade verificada na definição de categorias e regionalização dos fenômenos com manifestação espacial implica num potencial importante da metodologia.

Tais procedimentos são compatíveis com uma visão sistêmica, cuja postura metodológica incentiva à utilização conjunta de diferentes metodologias, e factível em função dos avanços tecnológicos contemporâneos (SARAIVA, 2005).

➤ **Visitas ao campo**

Foram importantes no sentido de confirmar os dados obtidos através dos procedimentos que utilizaram o geoprocessamento, e também na obtenção de informações sobre localização de pontos referenciais que não conste nos documentos cartográficos com auxílio de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e na análise da paisagem *in loco*. As visitas em número de duas foram realizadas após a geração de alguns mapas temáticos, por exemplo, declividade, hipsometria, e com auxílio de um GPS de navegação possibilitou a confirmação das informações obtidas em laboratório.

➤ **Organização de mapas temáticos analíticos para elementos das unidades geomorfológicas e análise espacial**

As combinações das variáveis, determinadas por processos climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e biológicos, resultam em uma homogeneidade fisionômica, passível de delimitação.

➤ **Diagnóstico especializado – procedimentos de análise e interpretação dos dados**

As mensurações efetuadas sobre as variáveis descritivas dos elementos fornecem imensidade de informações. Essas informações necessitam serem analisadas para compreender as questões relacionadas com a correlação, comportamentos, causalidades e dependência entre elas.

A caracterização física consiste na descrição e na análise setorial que permite estudar a dinâmica e o alcance dessas unidades, modificando e estabelecendo limites cada vez mais precisos, ou seja, a caracterização expressa uma visão de conjunto e não uma solução analítica exaustiva.

➤ Recorte espacial

Os recortes espaciais são imprescindíveis na análise espacial juntamente com o recorte temático, pois ambos no contexto da pesquisa geográfica são elementos essenciais para o seu desenvolvimento. Diante dessa importância, foram inicialmente obtidos dados e informações institucionais disponíveis nos diversos segmentos da gestão pública. De posse dessas informações e materiais analógicos e digitais constituíram um banco de dados no programa SPRING, e em seguida como o uso da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico possibilitou a visualização espacial dessas informações (BERTOTTI, 2007).

▪ Delimitação das bacias hidrográficas

De modo geral o contorno da bacia tem sido feito topograficamente, pelas linhas de fecho, individualizando várias bacias hidrográficas.

### **Análises e Discussões**

Quais são os parâmetros adequados que podem ser utilizados no estudo relevo visando à representação espacial?

O pesquisador defronta-se, mais frequentemente do que se possa parecer razoável, com situações de limitação tanto na operação como na aplicação, principalmente quando se refere ao uso das geotecnologias.

Outro ponto considerado importante neste processo é o avanço tecnológico, onde se constata que tratamento convencional de dados tem sido gradualmente substituído por modernas técnicas geotecnológicas que, pelo seu potencial de integração, facilidade de manuseio e velocidade de operação, ganha cada vez adeptos entre os pesquisadores e planejadores.

A principal tendência dos pesquisadores e planejadores é a seleção, e a utilização na maioria das vezes, dos parâmetros (valores) que são apresentados por alguns sistemas *default*.

Neste contexto, são evidenciadas duas situações consideradas como importantíssimas, uma relacionada à estrutura dos indicadores organizados e outra a aos parâmetros propriamente ditos, desta forma ao representar o espaço geográfico, como alternativa viável de análise, tem-se como proposta estar contribuindo com os sistemas de planejamento ambiental para a solução de problemas socioeconômicos e ambientais.

➤ Mapa de declividade

O mapa de declividade foi gerado, a partir da seguinte rotina de procedimentos no programa SPRING 5.1.7.:

- a) Registro da base cartográfica.
- b) Digitalização e ajustes das curvas de nível e ajustes.
- c) Determinação das classes de declividade.
- d) Criação da grade TIN e da imagem de declividade.
- e) Fatiamento da imagem de declividade.
- f) Geração do mapa de declividade.
- g) Edição.

Os valores de declividade referente às sub-bacias do Bulka e Paiol da Telha, que compõem a área de estudo, encontram-se descritas no quadro 1, e a representação gráfica dessas classes de declividade estão apresentadas na figura 2.

**Quadro 1.** Classes de declividade na área de estudo – 2010

Classes / Declividade %	Área (km <sup>2</sup> )	%
(A) 0-3	1,992256	16,22
(B) 3-8	1,405446	11,44
(C) 8-20	4,649655	37,85
(D) 20-45	3,700508	30,12
(E) >45	0,536533	4,37
Área total das classes	12,284398	100,00

Com a proposta de obter os parâmetros adequados quando da geração do mapa de declividades optou-se pelas equações adaptadas de Mendonça (1980), abordadas na metodologia de Donzeli et al. (1983); Pereira Neto e Valério Filho (1993):

- Porcentagem de acerto de classificação da classe i:

$$PA_i = (ACC_i / Ar_i) \cdot 100$$

- Porcentagem de erro de omissão da classe i:

$$EO_i = 100 - PA_i$$



- Porcentagem de erro de inclusão da classe i:

$$EI_i = ((AC_i - ACC_i) / (AT - AR_i)) \cdot 100$$

- Porcentagem total de acerto:

$$PAT = \sum_{i=1}^N w_i \cdot PA_i = \sum_{i=1}^N (ACC_i - AT)$$

- Porcentagem de erro de omissão total:

$$EOT = 100 - PAT = \sum_{i=1}^N w_i \cdot EO_i$$

Onde:

AT = área total; AR = área real (verdade terrestre); AC = área classificada pelo SPRING; ACC = área corretamente classificada; N = número de classes de declividade;

W = fator de ponderação =  $Ar_i / AT$ .

O quadro 3 apresenta os dados referente a tabulação do mapa de declividade obtido com a utilização do ábaco sendo a referência de base com o mapa de declividade gerado no Sistema de Informação Geográfica, *software* SPRING v. 5.1.6.

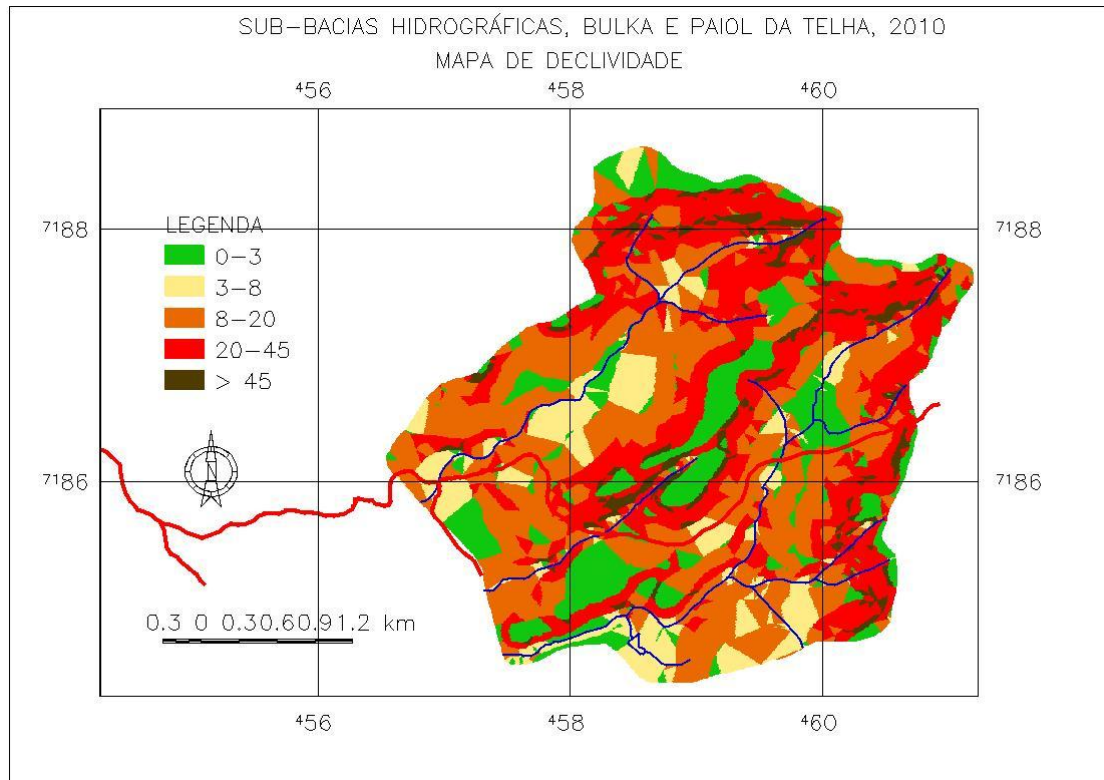
**Quadro 3.** Índices do cruzamento – CZ 01 (DECTEST x DECSRING)

Classes de Declive	ACC (m <sup>2</sup> )	PA (%)	EO (%)	EI (%)	PAT (%)	EOT (%)
A	1.992.256,00	90,67	9,33	5,78	89,97	10,03
B	1.405.446,00	87,58	12,42	15,02		
C	4.649.655,00	82,47	17,53	8,89		
D	3.700.508,00	70,56	29,44	13,78		
E	536.533,00	65,96	34,04	0,57		

Fonte: Equações adaptadas de Mendonça (1980)

Notas: DECTEST: mapa de declividade – ÁBACO. (Sub-bacias Bulka e Paiol de Telha).

DECSRING: mapa de declividade gerado no SPRING.



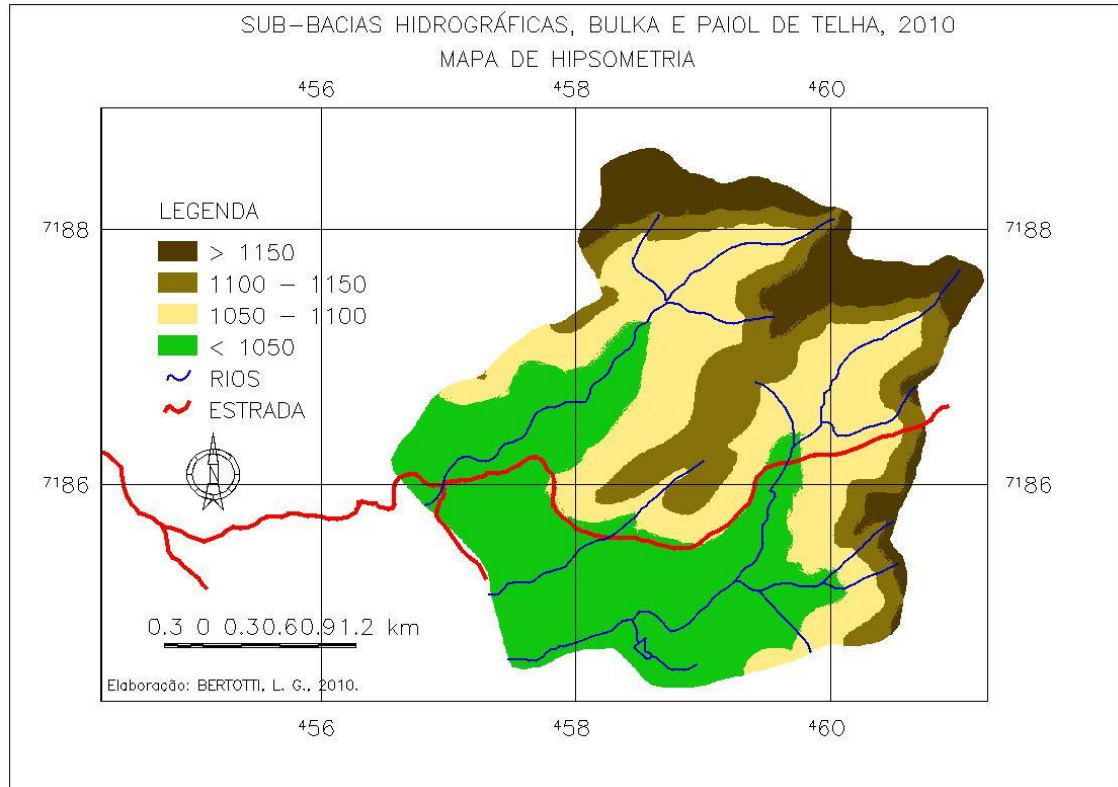
**Figura 2.** Mapa de declividade

➤ **Hipsometria**

Na dimensão hipsométrica referente às sub-bacias de Bulka e Paiol de Telha, encontram-se as seguintes classes e respectivos percentuais, conforme quadro 2, a representação gráfica da hipsometria da área de estudo está contida na figura 3.

**Quadro 2.** Classes de hipsometria na área de estudo – 2010

Classes (metro)	Área (km <sup>2</sup> )	%
< 1050	4,624347	37,64
1050 – 1100	4,019411	32,71
1100 – 1150	2,113810	17,21
> 1150	1,528690	12,44
Área total das classes	12,286258	100,00



**Figura 3.** Mapa de hipsometria

➤ Procedimentos morfológicos das sub-bacias Bulka e Paiol da Telha no processo de escoamento

A forma da bacia hidrográfica é bastante importante pela sua influência no período considerado das cheias. Bacias hidrográficas de forma arredondada tendem a favorecer o escoamento superficial, dando origem às cheias denominadas de maior ponta.

Para a determinação da forma das sub-bacias hidrográficas do Bulka e Paiol de Telha foi empregado o índice de compacidade de Gravelius ( $K_c$ ), que relaciona o perímetro da bacia hidrográfica  $P$ , com o perímetro de uma bacia de igual área mas de forma circular  $A$ .

$$K_c = P/2\sqrt{\pi A} = 0.282 P/\sqrt{A}$$

$$K_c = 0,282 * 15,164481 / \sqrt{12,269736}$$

$$K_c = 1.22$$

Quanto menor  $K_c$  mais arredondada é a bacia hidrográfica, portanto 1.22 se aproxima bastante de 1, ou seja, a sub-bacia do Bulka e Paiol da Telha favorecem o escoamento superficial.

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) que se traduz pela relação existente entre o comprimento total dos cursos de água de uma bacia hidrográfica e a área da mesma. Este índice sofre grande influência quanto à escala referente aos documentos topográficos, pois em escalas consideradas pequenas não são representados os cursos de água das bacias elementares.

$$D_d = C_t / A$$

$$D_d = 18,234500 / 12,269736$$

$$D_d = 1,49 \text{ km/km}^2$$

Com este índice as sub-bacias hidrográficas do Bulka e Paiol de Telha possuem baixa densidade de drenagem, onde se concluiu que são áreas constituídas por relevo plano e suave, cuja condição de alta permeabilidade permitindo rapidez de infiltração de água e consequente formação e recarga de lençóis aquíferos.

## **Conclusões**

Trata-se da recapitulação sintética dos resultados do projeto de pesquisa, ressaltando o alcance e as consequências dos esclarecimentos, bem como seu possível mérito.

Este estudo permitiu avaliar o grande potencial de Sistemas de Informações Geográficas na integração de dados geocodificados através de técnicas de geoprocessamento visando à representação.

Em uma primeira análise pode afirmar que o trabalho cumpriu o objetivo principal a que se propunha, ou seja, possibilitou a obtenção de dados importantes, que aumentaram o grau de precisão quando da geração dos produtos temáticos.

Outro ponto que merece ressalva diz respeito à rapidez e exatidão dos cálculos, evidenciando o domínio cognitivo dos usuários que constroem produtos temáticos sobre

as bases cartográficas, o qual foi adquirido no momento da construção dos referidos produtos temáticos e que pode ser revisto a qualquer momento.

Diante do exposto, fica clara a opção pelos Sistemas de Informações Geográficas tendo em vista uma boa visualização apresentada pelos seus produtos temáticos com alto grau de acuracidade e sua ampla difusão no campo do ensino e pesquisa.

## **Referências**

ARGENTO, M. S. F.; CRUZ, C. B. M. - **Mapeamento Geomorfológico**. In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (org). Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil SA, 1996.

BERTOTTI, L. G. **Técnicas de geoprocessamento na análise do relevo e da declividade para estudos temáticos de solos**. 1997. 156 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 1997.

BERTOTTI, L. G. **Unidades de paisagem: problemas ambientais nos municípios de São José dos Pinhais, Mandirituba e Tijucas do Sul/PR**. 2006. 218 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2006.

BERTOTTI, L. G.; SANTOS, A. F. Contribuição de informações socioambientais na seleção de recorte espacial. In: WORKSHOP REGIONAL DE GEOGRAFIA E MUDANÇAS AMBIENTAIS: desafios da sociedade do presente e do futuro. 1.; 2007, Guarapuava, **Anais...** Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, 2007. p. 161-172.

BRASIL, **Leis**. Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1.997. “Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001 de 13 de março de 1.990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1.989”. Data da legislação: 08/01/1.997 – Publicação DOU: 09/01/1.997.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. 252 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 1995.

CBERS: Imagem de Satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso: 10 fev. 2010.

DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, n.21, p. 8-13, 1970.

DONZELI, P. L.; et al. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados ao solo. **Revista Brasileira do Solo**, Campinas, n.7, p. 89-94, 1983.

GUERRA, A. T. **Recursos naturais do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Software Spring v. 5.1.6**. São José dos Campos: INPE, 2010. (Disponível em CD-ROM).

PEREIRA NETO, O. C.; VALÉRIO FILHO, M. Análise comparativa de métodos para elaboração de cartas de declividade aplicadas a estudos do meio físico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7:, 1993, Curitiba: **Anais...** Curitiba, INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, (1993). v.1, p. 226-232.

ROSIM, S.; FELGUEIRAS, C. A.; NAMIKAWA, L. M. Uma metodologia para geração de modelos numéricos do terreno por grade triangular. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7:, 1993, Curitiba: **Anais...** Curitiba, INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993.

SARAIVA, F. Considerações acerca da pesquisa em Geografia Física aplicada ao planejamento ambiental a partir de uma perspectiva sistêmica. **Revista RÁEGA**, Curitiba, UFPR, n. 9, p. 83-93, 2005.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 1992.