ANÁLISE DE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS EXTRAÍDAS A PARTIR DE IMAGEM SRTM PARA ELABORAÇÃO DE MAPA PEDOLÓGICO

Iza Carla Oliveira **Silva**¹, Régia Estevam **Alves**², Tiago Lima **Rodrigues**³

(1- Instituto Federal de Goiás – *Campus* Jataí, docente do curso Técnico em Agrimensura, iza.oliveira1@yahoo.com.br; 2 - Universidade Federal de Goiás - *Campus* Jataí, docente do curso de Geografia; regiaestevam@gmail.com; 3 – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, docente do curso Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, engtlrodrigues@yahoo.com.br)

Resumo

O Modelo Digital de Terreno - MDT é utilizado para realizar diversas análises relacionadas à modelagem ambiental. Os diferentes recursos disponíveis pelo sensoriamento remoto, como as imagens de radar interferométrico SRTM, faz-se necessário, pois estes possibilitam mapeamentos de recursos naturais importantes para o homem, como por exemplo, o solo. Além disso, esses dados de sensoriamento remoto são obtidos e disponibilizados gratuitamente. Desta forma, este trabalho tem como objetivo elaborar um mapa pedológico preliminar da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna no estado do Paraná, a partir da análise de variáveis morfométricas extraídas do processamento digital de imagens de radar interferométrico SRTM. A metodologia objetiva orientar trabalhos de campo tornando-se pesquisas mais rápidas e de baixo custo. O MDT foi elaborado com resolução espacial de 30 metros disponíveis por reamostragem pelo TOPODATA. A partir do MDT, foram obtidos variáveis morfométricas para serem usadas na elaboração das composições de cores RGB, com vistas a identificar tipos de solo, sendo: declividade, aspecto e área de contribuição. Os resultados foram comparados com o mapa de solos elaborado pela EMBRAPA onde foi possível observar semelhanças e diferenças em relação à extensão e distribuição das classes de solo da bacia.

Palavras-Chave: SRTM, Morfometria, Relevo, Solo.

Artigo recebido para publicação em 21 de Janeiro de 2013

Artigo aprovado para publicação em 15 de Junho de 2013

Abstract

ANALYSIS OF MORPHOMETRIC VARIABLES EXTRACTED FROM SRTM IMAGE FOR PREPARATION OF PEDOLOGICAL MAP

Digital elevation models (DEM) are used to perform various analyzes related to environmental modeling. To Analyze different available resources by remote sensing, such as interferometric radar SRTM images, is necessary, since they allow mappings of important natural resources for humans, such as soil. Furthermore, these remote sensing data are obtained and made available for free. Thus, this study objective aims to develop a pedological map for the hydrographic basin of the Passaúna River in the state of Paraná, from the spectral analysis of morphometric variables extracted from digital image processing of radar interferometric SRTM. The method was intended to orient Field works becoming faster and with lower costs. The DEM was prepared in 30-meter spatial resolution available for resampling by TOPODATA. From the DEM, morphometric parameters were obtained for use in preparing the compositions of RGB colors in order to identify of soils, such as: slope, aspect and area of contribution. The results were compared with the soil map prepared by EMBRAPA where it was possible to observe similarities and differences regarding the extent and distribution of soil classes the hydrographic basin.

Keywords: SRTM, Morphometry, Topography, Soil.

Resumen

ANÁLISIS DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EXTRAÍDO DE IMAGEN SRTM PARA ELABORACIÓN DE MAPA PEDOLÓGICO

Modelos digitales de elevación (DEM) son utilizados para realizar diversos análisis relacionados al modelaje ambiental. Analizar los diferentes recursos disponibles por sensoramiento remoto, como las imágenes de radar interferométrico SRTM, es necesario, porque estas posibilitan mapeamientos de recursos naturales importantes para el hombre, como por ejemplo, el suelo. Además, estos datos de sensoramiento remoto son obtenidos y disponibilizados en forma gratuita. De esta forma, el objetivo de este elaborar un mapa pedológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Passaúna en el estado de Paraná, a partir del análisis espectral de variables morfométricas extraídas del procesamiento digital de imágenes

de radar interferométrico SRTM. La metodología tuvo como objetivo orientar trabajos de campo convirtiéndose en investigaciones más rápidas y de bajo costo. El Modelo Digital de Elevación (DEM) fue elaborado en la resolución espacial de 30 metros disponibles por remuestreo por TOPODATA. A partir del DEM, fueron obtenidos los parámetros morfométricos para ser usados en la elaboración de composiciones de colores RGB, con el objetivo de identificar suelos: declividad, aspecto y área de contribución. Los resultados fueron comparados con el mapa de suelos elaborado por EMBRAPA con el cual fue posible observar semejanzas y diferencias en relación a la extensión y distribución de los tipos de suelos de la Cuenca.

Palabras - clave: SRTM, Morfometría, Topografía, Suelo.

1 Introdução

Uma das metodologias importantes de se estudar e promover iniciativas de mapeamento e monitoramento ambiental é possibilitado pelo Sensoriamento Remoto que em pouco mais de 30 anos, com o avanço tecnológico, conta atualmente com sensores remotos que produzem dados cada vez mais confiáveis e temáticos.

Segundo Ferreira et al., (2008), a evolução do Sensoriamento Remoto tornou-se possível em função do surgimento dos sensores orbitais de micro-ondas, dos sensores de resolução espacial submétrica, dos sensores hiperespectrais e dos sensores de alta resolução temporal. Dentre alguns exemplos de estudos realizados com sensores, pode-se citar a missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), que objetivou gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT) (MDT de 80% do Globo terrestre (entre as latitudes 54°S e 60°N), através de interferometria de radar de abertura sintética (*InSAR*) (USGS, 2003). A missão foi lançada em fevereiro de 2000 pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), juntamente com a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), a DLR (Agência Espacial Alemã) e a ASI (Agência Espacial Italiana).

Em relação à disponibilidade dos dados produzidos na missão SRTM, no que se refere aos EUA, foram disponibilizados em 30 m, e para a América do Sul foram disponibilizados na resolução espacial de 3 arcos de aproximadamente 90 m, no sistema de coordenadas Lat/Long e Datum WGS84. Entretanto, no Brasil, foram obtidas melhorias dos MDTs a partir do Projeto TOPODATA (INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), gerado através

de processamentos digitais do MDT do SRTM. Os dados disponíveis do TOPODATA sofreram correções, incluindo informações em pontos/áreas anteriormente com ausência de dados. Estes passaram por um processamento computacional para reamostragem no tamanho da célula (pixel) para aproximadamente 30 m ou 1 arco de segundo a partir de interpolação de todo o universo de dados pelo método de krigagem (VALERIANO, 2005).

O MDT pode ser utilizado para realizar diversas análises relacionadas por modelagem ambiental, como nos estudos de compartimentação geomorfológica, tendo em vista que os sistemas ópticos e de radar permitem combinar a resposta multiespectral do alvo, através da variação de cor ou informações do relevo tão bem representadas nas imagens de radar (SOUZA FILHO, 2002). Em particular na espacialização das classes de solo, apresenta-se ordenada nas paisagens com forte influência das variações morfométricas ao longo das vertentes, e observa-se então uma ligação de causa e efeito entre a topografia e a distribuição dos solos, o que torna o relevo relevante no estudo da influência no processo de formação do solo.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo elaborar um mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna no estado do Paraná a partir do processamento digital de variáveis morfométricas extraídas do MDT dos dados SRTM, baseada na metodologia por Hermuche et al.,(2002).

2 Materiais e Métodos

2.1 Localização da Área de Estudo

A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna, tributária da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, situa-se na porção oeste do município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, na divisa com municípios metropolitanos, tais como Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Almirante Tamandaré, possui uma área de 216,68 km², localizada entre as coordenadas E = 649000 m, N = 7195000 m e E = 670000 m, N = 7165000 m, do Sistema de coordenadas UTM, fuso 22 (Figura 1).

Trata-se de uma região pouco povoada, especialmente no terço superior da bacia hidrográfica, uma vez que esta bacia pertence ao sistema de abastecimento público de Curitiba e da Região Metropolitana. No entanto, em 1991 o governo estadual através do Decreto Estadual nº 458 de 5 de junho de 1991, determinou a criação da Área de Proteção Ambiental do Rio Passaúna, com vistas à proteção ambiental da área e salvaguarda dos

mananciais hídricos inseridos na área, na perspectiva de um processo de uso e ocupação do solo que fosse adequado com as condições de sítio da área e ambientalmente equilibrado.

Figura 1: Localização da área de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna possui como arcabouço geológico a ocorrência de sedimentos recentes, representados por aluviões do Holoceno, de sedimentos da Formação Guabirotuba do Pleistoceno e de rochas metamórficas como os pegmatitos, migmatitos, xistos, anfíbolitos e quartzitos do Pré-Cambriano, sendo atravessadas por diques de diabásio do Jurássico-Cretáceo (MINEROPAR, 1999). De acordo com MARINI (1967), a Formação Guabirotuba compreende pacotes sedimentares de pouca espessura (máximo de 100 m), à base de argilas acinzentadas, arenitos arcóseos e conglomerados, sobrepostos às rochas metamórficas de idade mais antiga, e recobrindo parcialmente, os diques de diabásio. A Formação Guabirotuba ocorre nas regiões de Curitiba e Tijucas do Sul e constitui sucessivos depósitos de antigas fases erosivas que desenvolveram a superfície do Alto Curso do rio Iguaçu, seguida por uma fase erosiva de clima úmido que dissecou horizontalmente a

superfície, originando extensas planícies de inundação ao longo do Alto Curso do rio Iguaçu. Esta formação também apresenta depósitos de ambientes semi-áridos, decorrentes de chuvas torrenciais paleoclimáticas, (SALAMUNI, 2000).

Os sedimentos inconsolidados representados pelos aluviões se inserem em ambientes que sofrem influência de recorrentes inundações, especialmente ao longo do Rio Passaúna a partir do terço inferior da bacia, sendo no setor metamórfico, a presença de um relevo suavemente ondulado, notadamente no terço superior e médio da bacia localizadas entre as altitudes de 800 a 870m.

De acordo com a EMBRAPA (2007) os tipos de solos encontrado na área da bacia são: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (Lvd); CAMBISSOLOS HÚMICOS Alumínicos (CHa); ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (PVAd) e GLEISSOLOS MELÂNICOS (GM).

E relação ao clima da bacia, conforme a classificação de Köppen (1901) apresenta tipo climático Cfb:

C – climas pluviais temperados, apresentando o mês mais frio com temperaturas entre 18° e -3° C;

f – sempre úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano;

b – temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C, mas no mínimo quatro meses acima de 10° C.

Este tipo de clima apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso e o mês de agosto o mais seco. As temperaturas são elevadas no verão e mais amenas notadamente no inverno com a ocorrência de geadas, especialmente em junho e julho (Gráficos 1 e 2).

Gráfico 1- Distribuição Anual das Precipitações em Curitiba de acordo com a Normal Climatológica (1961-1990). Fonte: INMET.

Gráfico 2- Distribuição Anual da Temperatura Média em Curitiba de acordo com a Normal Climatológica (1961-1990). Fonte: INMET.

2.2 Materiais

A primeira etapa do trabalho constituiu na aquisição da base de dados definida pelo limite da bacia hidrográfica do Rio Passaúna, obtida no formato *shapefile* pelo banco de dados disponibilizados no site da SUDERHSA, no mapa pedológico do estado do Paraná disponibilizado pela EMBRAPA (2007) na escala de 1:250.000 e imagens de radar do SRTM, articulação 25_495 na projeção geográfica e datum horizontal WGS84, através do banco de

dados TOPODATA (Valeriano, 2005) disponibilizadas no site do INPE, e reamostradas de 3" (90 m) para 1" arco de segundo (30 m).

2.3 Métodos

É empregada a técnica descrita por Hermuche et al., (2002), a qual faz uso do processamento digital de variáveis morfométricas por meio da composição colorida a fim de compreender a organização da paisagem e inferir o comportamento de parâmetros que estão relacionados aos atributos de terreno, neste caso a relação da distribuição dos tipos de solo.

2.3.1 Aquisição das Variáveis Morfométricas

A partir das imagens de radar SRTM foi obtido o MDT por meio do interpolador *TIN* (Triangular Irregular Network) no módulo *3D Analyst* do software *ArcMap*. Posteriormente foram extraídos os atributos de terreno a partir do MDT, isto é, variáveis morfométricas: declividade, aspecto e área de contribuição, com resolução espacial de 30 m, através do *Spatial Analyst*, e posteriormente convertidas para o formato *raster*.

2.3.2 Realce Digital de Variáveis Morfométricas

O procedimento de realce digital visou elaborar uma composição colorida, combinando três imagens morfométricas com as três cores primárias que definem o sistema RGB (*Red, Green, Blue*). O propósito da composição colorida é sintetizar, numa única imagem, uma grande quantidade de informação referente às feições, contribuindo na qualidade visual e discriminação do padrão de relevo e assim facilitando determinar classes de solo.

Portanto, as composições coloridas que melhor contribuíram na definição das classes de solo foram definidas por: MDT (*R*), declividade (*G*) e área de contribuição (*B*); e MDT (*R*), declividade (*G*) e aspecto (*B*).

2.3.3 Classificação de Imagem Morfométrica

As imagens morfométricas produzidas por composição colorida passou pelo método de classificação supervisionada. Utilizou amostras de treinamento de cada classe para controlar as regiões homogêneas de interesse. O algoritmo de classificação aplicado foi o Máxima Verossimilhança (MaxVer). Este método avalia a variância e a covariância das

categorias de padrões de resposta espectral ao classificar um *pixel* desconhecido. O resultado da classificação foi um mapa de classes de solo em formato matricial (*raster*) que posteriormente foi convertido para o formato vetorial a fim de possibilitar a inspeção e edição de classes classificadas erroneamente.

Por fim a definição da legenda relacionada às classes de solo obtidas pela classificação da imagem morfométrica foi orientada e detalhada a partir do mapa pedológico do estado do Paraná disponibilizado pela EMBRAPA (2007) na escala de 1:250.000, sendo importante ressaltar que não houve um trabalho de campo específico para validação das classes definidas no mapeamento de solo obtido através da imagem morfométrica.

A figura 1 apresenta o fluxograma contendo os procedimentos descritos nas etapas de trabalho:

Figura 1: Fluxograma contendo os procedimentos metodológicos do trabalho.

3 Resultados e discussão

O mapeamento utilizando imagens de radar SRTM possibilitou a elaboração de quatro mapas base, Modelo Digital de Terreno (MDT) (Figura 2 A), Declividade (Figura 2 B), Aspecto (Figura 2 C) e Área de Contribuição (Figura 2 D), dos quais, a partir da composição colorida, resultou em uma imagem sintetizada - imagens morfométricas e por fim, no mapa classes de solo que é o produto principal deste estudo.

Figura 2: (A) - Modelo Digital de Terreno (MDT); (B)- Declividade; (C)- Aspecto e (D)- Área de Contribuição da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna-PR..

3.1 Variáveis Morfométricas

O Modelo Digital do Terreno (MDT) mostrou a altitude do terreno, cujas cotas variam de 850 m a 999 m de altitude, sendo estas concentradas a montante da bacia. A partir do Modelo Digital do Terreno, se obteve o mapa da declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna-PR, a qual apresenta declividades acima de 45%, principalmente a montante da bacia. Em seguida, a terceira derivações da superfície em planta, o mapa de Aspecto, serviu para mostrar o ângulo entre a direção do fluxo e o norte, ou seja, a orientação das vertentes em setores de acordo com os pontos cardeais, com intervalos de 45° graus iniciando pelo norte. O mapa de área de contribuição representa a área de drenagem da montante de cada pixel, e o cálculo para cada pixel corresponde ao valor de acumulação de água em áreas determinadas, como feições côncavas ou nos vales.

A ação do relevo reflete na ação da água tanto, no sentido vertical, sendo esta a questão da infiltração da água no solo, quanto no sentido horizontal, que se refere ao escoamento superficial e a erosão. Em relevo pouco movimentado, a água encontra condições naturais para se infiltrar no solo e o escoamento superficial não é tão acentuado, resultando em maior intemperismo. Entretanto, em relevo mais movimentado, o escoamento superficial é maior que a infiltração, resultando em menos intemperismo.

Neste sentido, a correlação das características do relevo como declividade, dissecação, litologia das rochas como os sedimentos recentes de deposição fluvial compostos por areia, siltes, argilas e cascalhos e, posteriormente os tipos de solos, principalmente o CAMBISSOLO, permitiu identificar a montante da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna-PR, relevo menos movimentado, aumentando em direção a jusante, onde nesta última, predomina-se presença de assoreamento e ocorrência de inundações.

3.2 Imagens Morfométricas

Os melhores resultados na discriminação das classes de solo adotados pela qualidade visual nas imagens morfométricas são apresentados a seguir como: (A) MDT (R), declividade (G) e área de contribuição (B); e (B) MDT (R), declividade (G) e aspecto (B) (Figura 3 A e B). Em relação à identificação das classes de solo, utilizou-se a imagem morfométrica composição colorida RGB: MDT (R), Declividade (G) e Área de Contribuição (B) (Figura 3 A), como a que melhor definiu visualmente os tipos de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna.

Figura 3: (A) - Composições coloridas elaboradas a partir da combinação das imagens derivadas MDT (R), declividade (G) e área de contribuição (B); (B) - MDT(R), declividade (G) e aspecto (B).

3.3 Mapeamento de solo por Imagem Morfométrica

O realce digital por meio da composição colorida identificou que as cores em tons de verde correspondem à distribuição espacial da classe de solo LATOSSOLO, a qual abrange áreas com altitudes que variam entre 850 a 970 metros. A cor vermelha refere-se à classe de solo CAMBISSOLO que está distribuída em áreas com altitudes entre 880 a 999 metros. Já as cores em tons rosados à lilás são consideradas áreas da classe de solo ARGISSOLO, cuja altitude das áreas de ocorrência varia entre 850 a 999 metros. Em relação à classe de solo GLEISSOLO, essa aparece associado ao fundo dos vales onde a composição colorida demonstra uma coloração em tons escuros de vermelho amarronzada, caracterizados pela presença da rede de drenagem da bacia onde a altitude é de 850 metros (Figura 4 A; B; e C).

A comparação do mapeamento de solo realizado através da imagem morfométrica, com o mapa de solo da EMBRAPA (2007) permitiu demonstrar as semelhanças e diferenças quanto à extensão e distribuição das classes de solo conforme é apresentado pela Tabela 1 e as anteriores Figuras 4 B e C.

Figura 4: (A) - Comparação entre as composições coloridas (RGB); (B) - classes de solo obtidas através da classificação de realce digital de imagem morfométrica; (C) - Classes de solos classificadas pela EMBRAPA.

Tabela 1 - Quantificação das classes de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna.
QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE SOLO

Classe	Solo - Embrapa		Solo - Imagens morfométricas		Área modificada imagens morfométricas	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Argissolo	10.498	48,45	9.294	42,90	1.204	5,55 (-)
Cambissolo	2.033	9,50	6.230	28,76	4.197	19,26 (+)
Latossolo	8.827	40,70	5.889	27,17	2.938	13,53 (-)
Gleissolo	310	1,45	255	1,17	55	0,28 (-)
Total	21.668	100	21.668	100	8.394	38,62 %

As áreas da classe de CAMBISSOLO neste mapeamento (Figura 4 B) aumentaram em 19,26% em relação ao mapa pedológico da EMBRAPA (2007) (Figura 4 C). Sendo que a área dessa classe de solo é estimada em 2.033 ha no mapeamento da EMBRAPA (2007), porém no mapeamento deste trabalho apresentou 6.230 ha. Os ARGISSOLOS aparecem como a classe de solo predominante na área de estudo com 10.498 ha no mapa de solo da EMBRAPA (2007) (Figura 4 C), porém, apresentou uma redução dessa área no mapeamento classificado através da imagem morfométrica, sendo 9.294 ha, essa diferença corresponde a 5,55% de redução.

No que se refere à classe de solo LATOSSOLO, o mapeamento mostrou 5.889 ha, entretanto, no mapeamento da EMBRAPA (2007) verificou 8.827 ha. A diferença dessa classe de solo entre os dois mapeamentos foi de uma redução de área de 13,53% para o

mapeamento utilizando as imagens morfométricas. A classe do solo GLEISSOLO apresentou área de 310 ha no mapeamento da EMBRAPA (2007) (Figura 4 C), com redução de 55 ha no mapeamento com imagens morfométricas, representando 0,28% dessa redução.

Desse modo, o mapeamento pedológico elaborado a partir da composição colorida das variáveis morfométricas mostrou que as diferenças de quantidade de área e distribuição das classes de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Passaúna foram mais significativas nas classes de solo CAMBISSOLO e LATOSSOLO. Nesta situação, nota-se que a classe CAMBISSOLO apresenta uma clara associação à cor vermelha na composição das imagens morfométricas (Figura 4 A), essa mesma coloração mantém associação com a cor verde, área na qual o mapa de solo da Embrapa (Figura 4 C) julgou corresponder à classe de LATOSSOLO. Contudo, devido à coloração avermelhada estar mais ressaltada considerou-se a classe CAMBISSOLO ser predominante na área a nordeste da Bacia.

4 Considerações finais

Foi possível constatar que o tipo de solo está relacionado às características do relevo, que neste estudo desenvolveu-se através das variáveis morfométricas. Assim, as composições coloridas demonstradas pelas imagens morfométricas foram válidas na distinção das classes pedológicas que, utilizando como referência o mapa pedológico da EMBRAPA apresentou algumas semelhanças e diferenças em relação à extensão e distribuição das classes de solos.

A metodologia utilizada foi satisfatória, podendo servir de alternativa em caso de mapeamentos rápidos que não exigem detalhes precisos para mapeamentos pedológicos preliminar de bacias hidrográficas, sendo possível utilizar seus resultados na orientação dos trabalhos de campo, principalmente ao verificar que nem todos os municípios e órgãos de estudos são providos de informações planimétricas e altimétricas detalhadas, o que faz dos produtos SRTM uma alternativa economicamente viável e rápida para mapeamento pedológico.

Recomenda-se esclarecer que os resultados da comparação entre os dois mapeamentos pedológicos podem ser melhorados frente a realização de levantamento pedológico com idas a campo para verificar se as informações do mapeamento realmente correspondem à realidade.

5 Referências

- CARDENAS, F. P. A. *Zoneamento Geoambiental de uma parte da Bacia do Rio Nechí – Colômbia, por meio de Técnicas de Geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia da Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 1999. 137 p.
- CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia da Universidade de Campinas – UNICAMP, 1992. p.170.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Mapa de Solos do Estado do Paraná*. Documentos 96. Rio de Janeiro, 2007. p. 73.
- HERMUCHE, P. M. et al. *Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: I. bacias hidrográficas assimétricas*. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, n. 68, ISSN 1517-5111, 25 p., dezembro de 2002. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/294/t>>. Acesso em: 20 jan. 2013.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. New York: 2 ed. John Wiley e Sons, p. 750, 1994. NASA - National Aeronautics and Space Administration, (2003). SRTM DATA. Disponível em: <<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/>>. Acesso em 10 de dez. 2012.
- MARINI, O. J. et al. *Folha Geológica de Araucária – Geologia*, Ed. 1966 Projeção UTM – Escala 1:50.000.
- PAREDES, E. A. *Sistema de Informação Geográfica*. 1ª Ed. São Paulo: Érica, 1994. p. 1- 95.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, Franklin; KUNIYOSHI, Y.S. *As Regiões Fitogeográficas do estado do Paraná*. Acta Forestalia Brasiliensis, Curitiba, v. 1, ISSN 0103, p. 1-6, 1993.
- SALAMUNI, R. *Breves considerações sobre os aspectos geológicos da Bacia de Curitiba*. In: LIMA, R. E. de. (Coord.) *Uso dos Solos e dos Rios: conceitos básicos e aplicações para a região de Curitiba*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2000. 194 p.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *PROJETO TOPODATA: Banco de dados geomorfológicos do Brasil*. Disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.11.48>>. Acesso em: 16 dezembro de 2012.
- VALERIANO, M. M. *Modelo digital de variáveis morfológicas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA*. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais..., Goiânia, 2005. p. 1-8.