

Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias

Moisés Pereira Galvão Salgado¹
Getulio Teixeira Batista²
Nelson Wellausen Dias²
Marcelo dos Santos Targa²

¹UNITAU, Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté
Estrada Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000, 12080-010 - Taubaté, SP, Brasil
moisescomsal@gmail.com

²UNITAU, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Estrada Mun. Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000, 12080-010 - Taubaté, SP, Brasil
{getulio, nelson, mtarga}@agro.unitau.br

Abstract. The objective of this article is to describe drainage basin physical properties derived from the application of geotechnology. The study area is Santana Creek basin (approximately 6 km²) located in the municipality of Barra do Piraí, State of Rio de Janeiro, Brazil. Methods included land use and land cover classification based on non-supervised classification of a segmented Landsat-7 ETM image based on region growing algorithm and supported by high resolution Goggle Earth (Digital Globe) images and field data acquired on October 2008; generation of DEM and drainage network from existing 1:50.000 topographic maps; identification of Permanent Preservation Areas (APP) according to the Brazilian legislation (Forest Code and CONAMA Resolution 303) and developed using both drainage and elevation data; determination of drainage basin morphometric properties (area, perimeter, largest length, circularity index, maximum elevation range, relief ratio, sinuosity index, and drainage density) based on the previous input data for this basin. Results indicate that hill top and stream banks are the dominant APP categories while pasture and degraded pasture are the dominant land cover classes. Consequently, pasture covers most of the APPs especially high relief and stream bank categories. However hill tops have relatively higher forest cover comparing to other APP categories. Basin morphometrics indicate fast flows and low flood probability.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, hydrology, sensoriamento remoto, processamento de imagens, hidrologia.

1. Introdução

A definição da bacia hidrográfica como unidade hidrológica é unânime entre os profissionais que trabalham com recursos hídricos. Dessa forma, as bacias hidrográficas são unidades onde se procura estudar o ciclo da água e as interferências do homem sobre esse ciclo. O desenvolvimento de geotecnologias capazes de processar dados provenientes de imagens obtidas por sensores orbitais integrados com dados cartográficos tornou possível o estudo detalhado de microbacias hidrográficas.

O escoamento superficial em uma bacia hidrográfica é um dos componentes mais importantes como indicador da adequabilidade do sistema de manejo daquela bacia. Ele ocorre a partir do momento em que a intensidade de precipitação supera a capacidade de infiltração do solo. O escoamento superficial está diretamente relacionado com as precipitações que ocorrem em uma bacia hidrográfica, com as características físicas da mesma e com a cobertura vegetal do terreno. Dados morfométricos ou fisiográficos definem uma série de parâmetros relacionados com o comportamento hidrológico das microbacias. Existe uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e as características físicas, sendo, portanto, de grande utilidade prática o conhecimento destes elementos.

Civco et al. (1995) destacam que embora a caracterização de bacias hidrográficas não seja uma novidade para cientistas e planejadores, suas possibilidades e aplicações tornaram-se exponencialmente maiores com a evolução dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), contribuindo para o estudo de microbacias por meio de análise de dados georreferenciados,

tanto na representação do modelo numérico do terreno, como na caracterização do uso e ocupação do solo da bacia. Nesse sentido, o uso de ferramentas de SIGs permite agregar, em um único aplicativo, a capacidade de mapear características e de associá-las em banco de dados, o que permite análises espaciais em um curto espaço de tempo (Silva & Pruski, 2005).

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram criadas com o objetivo de proteger o ambiente natural, assim, estas áreas devem estar cobertas com a vegetação natural (Catelani & Batista, 2007). De acordo com Costa et al. (1996), a cobertura vegetal nessas áreas atenua os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos diminuindo o escoamento superficial. Um aspecto importante na caracterização de microbacias é o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) previstas no Código Florestal (Lei 4.771/65), pois ela dá amparo legal para a preservação e recuperação dessas áreas.

Sheng et al. (1997) propõem o uso de SIGs para classificação e avaliação de bacias hidrográficas destacando a importância de ferramentas como o Modelo Digital do Terreno (MDT) na obtenção de parâmetros como limite da bacia, elevações e características das encostas que podem ser combinadas com outras informações, como mapa geológico e de solos, para derivar mapas temáticos. Neste contexto, o presente artigo objetivou a caracterização física de uma microbacia hidrográfica por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

2. Metodologia de Trabalho

O trabalho foi desenvolvido no Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi) com o objetivo de se fazer a caracterização física de uma microbacia hidrográfica, por meio de ferramentas do aplicativo SPRING. A Microbacia do Córrego Santana, ilustrada na Figura 1, está localizada à margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, no município de Barra do Piraí, RJ.

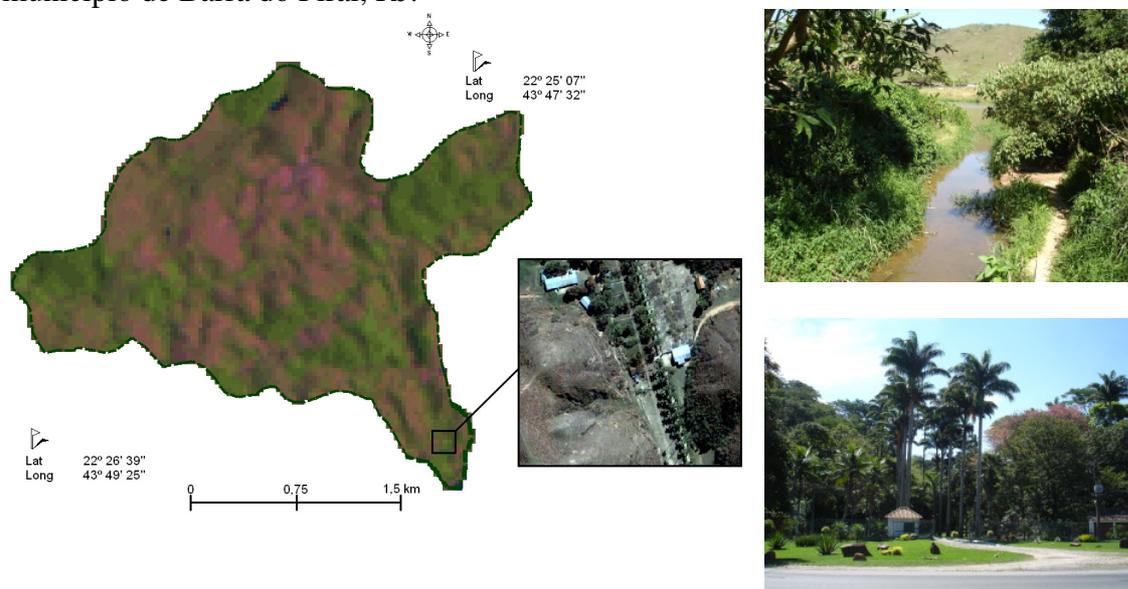


Figura 1. Imagem sintética Landsat-7 de 20/02/2003, sensor ETM, bandas 3B, 4G e 5R recortada pelo limite da Microbacia do Córrego Santana, zoom com image @ 2008 DigitalGlobe Image (Google Earth) e fotos de campo ilustrando o exultório da microbacia.

Foram utilizadas variáveis morfométricas para a análise das características físicas da microbacia por meio de geoprocessamento e processamento de imagens do satélite Landsat-7,

sensor ETM, com data 20/02/2003. Utilizaram-se dados vetoriais da carta do IBGE Folha SF-23-Z-A-III-3 para identificação das linhas de drenagem e linhas de relevo. O trabalho de campo realizado no dia 23/10/2008 possibilitou o registro de fotografias da área da microbacia para verificação da análise resultante da classificação da imagem Landsat-7.

Criou-se um banco de dados para análise e processamento dos dados georreferenciados no aplicativo SPRING utilizando-se a projeção UTM e modelo da Terra SAD69, zona 23. Os dados utilizados: carta IBGE vetorizada, imagens Landsat-7, modelo numérico do terreno e imagem DigitalGlobe (Google Earth), foram ajustados para a mesma projeção do projeto SPRING. Foi realizada a segmentação das imagens Landsat-7 bandas 3 (azul), 4 (verde) e 5 (vermelho), utilizando-se valores de similaridade e área em pixels iguais à 10 e 5, respectivamente. A classificação das imagens Landsat-7 foi realizada utilizando-se o classificador ISOSEG com limiar de aceitação igual a 90%, aplicado em imagem previamente segmentada por crescimento de regiões.

A metodologia utilizada para execução do mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi baseada na Lei Federal nº. 4.771, de 1965 e na Resolução CONAMA nº 303, de 2002 e seguiu a metodologia descrita por Catelani e Batista (2007) e Oliveira et al., (2006). Foi utilizado o aplicativo SPRING para o tratamento dos dados extraídos por meio de vetorização da carta topográfica IBGE na escala de 1:50.000, contendo a rede de drenagem e as curvas de nível com equidistância vertical de 20 m. O mapeamento resultou em um mapa temático das APPs, utilizado para efetuar a tabulação cruzada com o mapa temático resultante do mapeamento do uso do solo por meio de classificação de imagens Landsat-7.

Após realizar a mensuração dos dados fundamentais para a caracterização física da microbacia por meio de ferramenta do aplicativo SPRING como: operações métricas, medidas de classes, tabulação cruzada e extração de topos, foram calculados parâmetros para a descrição da microbacia. As variáveis utilizadas para análise e descrição física da microbacia foram:

a) Área (A) e perímetro (P)

São parâmetros fundamentais utilizados para o cálculo de outras variáveis morfométricas e são definidos com base na linha de cumeada que delimita o divisor de águas da microbacia.

b) Maior comprimento (L) e largura média (Dm)

Estas duas variáveis, expressas em km, foram determinadas seguindo os critérios adotados por Fontes (1997), sendo o maior comprimento representado pelo comprimento do maior eixo longitudinal da bacia e a largura média resultante da divisão da área pelo maior comprimento.

c) Índice de circularidade (Ic)

Este índice foi inicialmente proposto por Miller (1953 apud Christofolletti, 1974) e é definido como a razão entre a área da bacia e a área do círculo de igual perímetro (Ac). Este índice tem significado semelhante ao índice de forma (Christofolletti, 1969 e Tavares & Queiroz, 1981) e ao coeficiente de compacidade (Villela & Mattos, 1980) que correlacionam o perímetro da bacia com a sua área. O índice de circularidade (Equação 1) indica que à medida que o valor se aproxima de 1, a bacia tende à forma circular e portanto, é mais sujeita a inundação.

$$Ic = A / Ac \quad (\text{Eq.1})$$

d) Amplitude altimétrica máxima (Hm) e relação de relevo (Rr)

Estas duas variáveis estão relacionadas com as variações topográficas da bacia e foram apresentadas inicialmente por Schumm (1956). A amplitude altimétrica máxima corresponde à diferença, em metros, entre a altitude do exultório e o ponto mais alto no divisor de águas. A relação de relevo relaciona a amplitude altimétrica com o maior comprimento, indicando que quanto mais elevado o seu valor, maior o desnível entre a

cabeceira e foz. Os estudos efetuados por Patton & Baker (1976) em bacias com altos e baixos potenciais às inundações indicaram a relação de relevo (Equação 2), densidade de drenagem e ordem dos canais como as três variáveis morfométricas mais influentes na indicação de bacias com alto potencial à inundação.

$$Rr = Hm / L \quad (\text{Eq.2})$$

e) Índice de sinuosidade (Si)

Segundo Villela e Mattos (1975) este índice, que descreve o grau de sinuosidade ou divagação dos cursos d'água, constitui um fator controlador da velocidade de escoamento das águas. Corresponde à razão entre o comprimento do rio principal da bacia (L_{rio}) e o seu comprimento vetorial (L_{vet}) e pode ser calculado pela seguinte expressão (Equação 3):

$$Si = L_{\text{rio}} / L_{\text{vet}} \quad (\text{Eq.3})$$

f) Densidade de drenagem (Dd)

Foi descrita por Horton (1945) como sendo a relação entre o comprimento total dos canais (L_t) pela área da bacia hidrográfica (A). A variável retrata a disponibilidade de canais para o escoamento linear das águas e o grau de dissecação do relevo resultante da atuação da rede de drenagem. A fórmula (Equação 4) para o cálculo da densidade de drenagem é:

$$Dd = L_t / A \quad (\text{Eq.4})$$

3. Resultados e Discussão

Ao realizar o mapeamento das APPs, ilustrado na Figura 2, e a classificação da cobertura vegetal e uso do solo, ilustrado na Figura 3, da Microbacia do Córrego Santana, foi possível se fazer a tabulação cruzada dos dados temáticos e analisar o estado de conservação da microbacia por meio da sobreposição de dados georreferenciados.

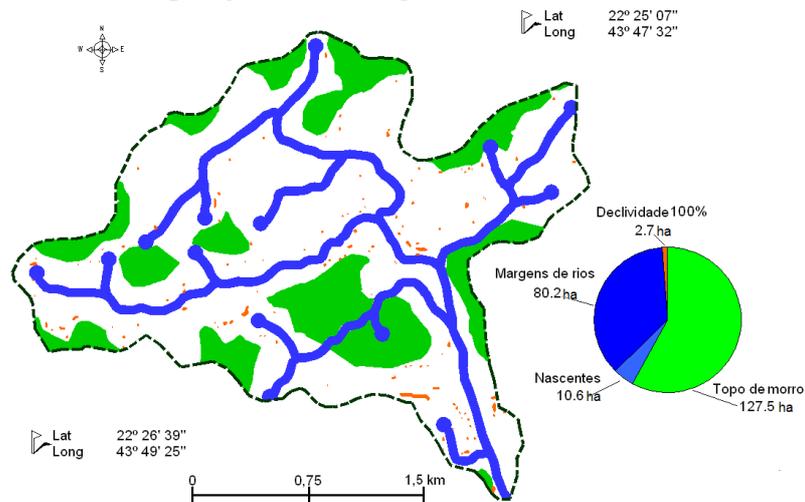


Figura 2. Mapa temático das Áreas de Preservação Permanente da Microbacia do Córrego Santana e gráfico ilustrando a área em hectares das classes de APPs.

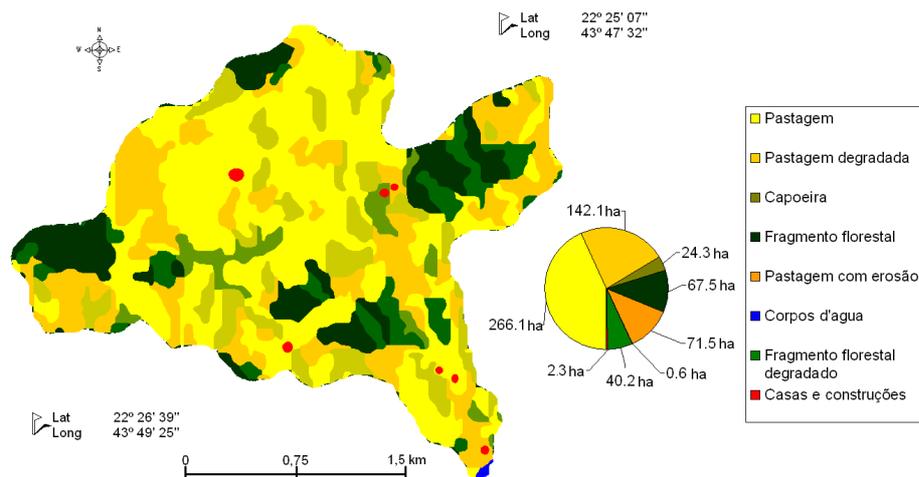


Figura 3. Mapa temático da cobertura do solo obtido pela classificação de imagens Landsat-7 de 20/02/2003 da microbacia do córrego Santana e gráfico ilustrando as áreas em hectares das classes de uso do solo.

A Figura 4 ilustra o uso e ocupação do solo nas APPs da Microbacia do Córrego Santana.

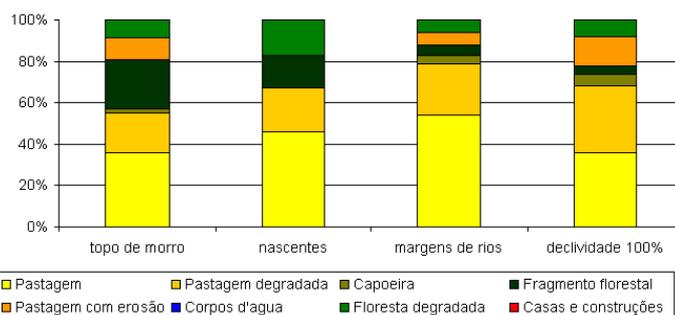


Figura 4. Representação em barras da tabulação cruzada entre mapa das APPs e mapa de uso do solo.

Com o auxílio das ferramentas do aplicativo SPRING foi possível o cálculo dos parâmetros fisiográficos da Microbacia do Córrego Santana apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Cálculo das variáveis morfométricas para caracterização física da Microbacia do Córrego Santana

Parâmetro	Valor do Índice	Unidade
A	6.03	km ²
P	13.27	km
L	3.43	km
Dm	1.76	km
Hm	260.00	m
Rr	75.80	m/km
Ic	0.43	
Si	1.65	
Dd	2.41	

De acordo com os resultados da Tabela 1, a relativamente alta sinuosidade (Si = 1,65) do córrego Santana está relacionada a escoamentos em bacias acidentadas (córregos jovens)

representado por um alto valor da amplitude altimétrica ($H_m = 260$ m) e pela Relação de relevo ($RR = 75,80$ m/km) o que de certo modo contribui para o escoamento rápido da água na bacia. Contudo, a bacia apresenta valores baixos para os índices Densidade de drenagem ($D_s = 2,41$) e Circularidade ($I_c = 0,43$), conforme (Christofolletti, 1969) indicando ser esta uma bacia pouco sujeita a enchentes (Villela e Mattos, 1975).

4. Conclusões

O uso de ferramentas do aplicativo SPRING possibilitou a análise espacial dos dados georreferenciados da microbacia do córrego Santana de forma prática e eficiente. A classificação não-supervisionada por regiões de imagens Landsat ETM⁺ demonstrou ser uma ferramenta adequada para a estimativa do uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas. Em que pese alguns aspectos interpretativos do Código Florestal, foi possível cartografar as Áreas de Preservação Permanente (APP) determinadas por esse código e caracterizar o tipo de cobertura presente em cada classe de APP. Os recursos e operações métricas disponíveis no SPRING contribuíram para o cálculo das variáveis morfométricas auxiliando a caracterização física da microbacia de forma rápida e eficiente. Na microbacia do córrego Santana predominam APPs de topo de morro (58% de todas APPs) que se encontra principalmente coberta por pastagem, contrariando o que preconiza o código florestal. De fato, pastagem é a classe mais frequente em todas as APPs e ocupa em toda a bacia 78% de sua área, incluindo todas as três classes de pastagem mapeadas (pastagem, pastagem degradada e pastagem com erosão). Os índices morfométricos indicam que essa microbacia se assemelha a córregos recentes, acidentados e com baixa tendência a inundação.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Decreto-lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro e dá outras providências. DOU de 16 de setembro de 1965. Brasília DF. 1965.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. DOU de 13 de maio de 2002. Brasília DF, 2002.
- Catelani, C. de S.; Batista, G.T. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do município de Santo Antonio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Revista Ambi-Água**, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007.
- Christofolletti, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, v.9, n.18, p.19-34, 1969.
- Christofolletti, A. **Geomorfologia** 2ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1974. 188 p.
- Civco, D. L.; Garcia, A. R.; Warner, G.S. Key steps to effective watershed characterization. **GIS World**, Nov.95, p. 62-67, 1995.
- Fontes, A. L. **Caracterização geoambiental da bacia do rio Japarutuba - SE**. Rio Claro. 1997. 283 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio claro. 1997.
- Horton, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of América**, v. 56, p. 275-370, 1945.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa topográfico: Barra do Pirai, Folha SF-23-Z-A-III-3. Rio de Janeiro, IBGE. (Levantamento aerofotogramétrico topográfico regular aerofotografias de 1956). Escala 1:50.000. 1 mapa color. 60 x 70 cm. 1991.
- Oliveira, I. S.; Batista, G. T.; Catelani, C. S. Minicurso de Área de Preservação Permanente (APP). In: Material didático utilizado no minicurso sobre APP ministrado no Encontro Água & Floresta: O Estado da Arte em

Educação Ambiental, realizado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SMA/SP) e Universidade de Taubaté, 7-9 de novembro de 2006, Taubaté, SP. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2315/66>. Acesso em: 13 Set. 2008.

Patton, P. C.; Baker, V. R. Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. **Water Resources Research**. v.12, n.5, p.941-952, 1976.

Schumm, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin of the geological Society of América**, v. 67, p. 597-646, 1956.

Sheng, T. C.; Barrett, R. E.; Mitchell, T. R. Using geographic information systems for watershed classification and rating in developing countries. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.52, n.2, p.84-89,1997.

Silva, D. D.; Pruski, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 659 p.

Tavares, A. C.; Queiroz, A.N. Análise geomorfológica da bacia do Ribeirão Claro. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 11, n.21-22, p.47-64, 1981.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980. 250 p.