

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia (PR)

Karla Cristhiane Constantino¹
Bruna de Oliveira da Silva¹
Rodrigo Tartari¹

¹ Universidade Estadual de Maringá - UEM
Avenida Ângelo Moreira da Fonseca - 87506370 – Umuarama - PR, Brasil
karlaconstantino@gmail.com
bruna.oliveira.silvas@gmail.com
rtartari@uem.com.br

Abstract: The watershed is a unit indicated as being essential for planning and territorial development. It involves physical, biological and socioeconomic variables that can be analyzed, studied and monitored through the use of geotechnology tools that integrate attributes favor an expansion of programs aimed at sustainable development. The study area is located in the town of Altonia, the boundaries of the National Park and Environmental Protection Area of Ilha Grande, which makes up a core zone of the Reserve of the Atlantic Forest Biosphere. This study aims to analyze how morphological characteristics of the Prado Basin Ribeirão through MDE SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), provided by the USGS (United States Geological Survey). The methodology applied in this study can't be used in open source geoprocessing, or Quantum GIS to extract physical values such as area, perimeter, average width of the basin, stroke length of water main, among others. These values are related to the morphometric parameters and interpret the hydrological behavior of the basin. From 61.4 square kilometers and its format, coupled with the low risk of flooding. Its relevance is characterized by a wavy plane, with variants of 400 meters to 240 meters in the lower level, indicating moderate susceptibility to erosion.

Palavras-chave: remote sensing, hydrology, River Paraná, sensoriamento remoto, hidrologia, Rio Paraná.

1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser conceituada como sendo uma extensão territorial drenada por um curso d'água principal e seus tributários. Toda a precipitação que ocorre sobre sua área de influência é direcionada para seus respectivos compartimentos através das direções de fluxo, atingindo a rede de drenagem até a saída no exutório. As conexões e correlações com a interação biofísica, solo - planta - atmosfera, em que as atividades realizadas em uma determinada porção da bacia podem surtir efeitos em outras extensões da mesma (Schiavetti e Camargo, 2002).

O entendimento e compreensão da dinâmica das variáveis ambientais e sistêmicas, inclusas no interior de uma bacia hidrográfica, podem ser caracterizadas e quantificadas, bem como proporcionar a determinação de medidas de planejamento territorial, com viés para criação de políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial e desenvolvimento sustentável (Santos, 2004).

A análise de bacias hidrográficas está intimamente relacionada às questões geomorfológicas, pois os processos de formação dos cursos d'água são ativos na evolução da paisagem terrestre. A bacia de drenagem é formada por um conjunto de canais que escoam e se conectam, formando um sistema hierárquico fluvial (Cristofolletti, 1980), e podem ser compreendidas por geotecnologias, que são ferramentas de baixo custo, e possibilitam a confecções de mapas temáticos diversos por meio de uso de softwares livre, base de dados vetoriais, imagens de satélite (Amada e Golçalves, 2007).

Este trabalho tem por objetivo determinar a configuração física da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, utilizando MDE SRTM e Softwares livres de geoprocessamento.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Caracterização da área de estudo

No noroeste do estado do Paraná, tem-se o interflúvio entre as regiões hidrográficas formada pelo Paraná 2, Piquiri e Paraná 3, onde se localiza o município de Altônia. A área de estudo faz fronteira com os limites da Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná e também com o Parque Nacional de Ilha Grande (Figura 1).

A unidade morfoestrutural em que a área de estudo esta inserida é a Bacia Sedimentar do Paraná e sua formação geológica corresponde à formação Caiuá. Esta formação geológica apresenta um alto potencial aos processos erosivos e consequente transporte de sedimentos, principalmente durante o período de chuvas intensas. Desde a década de 60 esta região vem sendo explorada, desmatada e transformada em usos da terra ligado a agricultura mecanizada, criação de animais tanto de forma intensiva quanto extensiva, comprometendo a qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais sub superficiais (Ferreira et al., 2012).

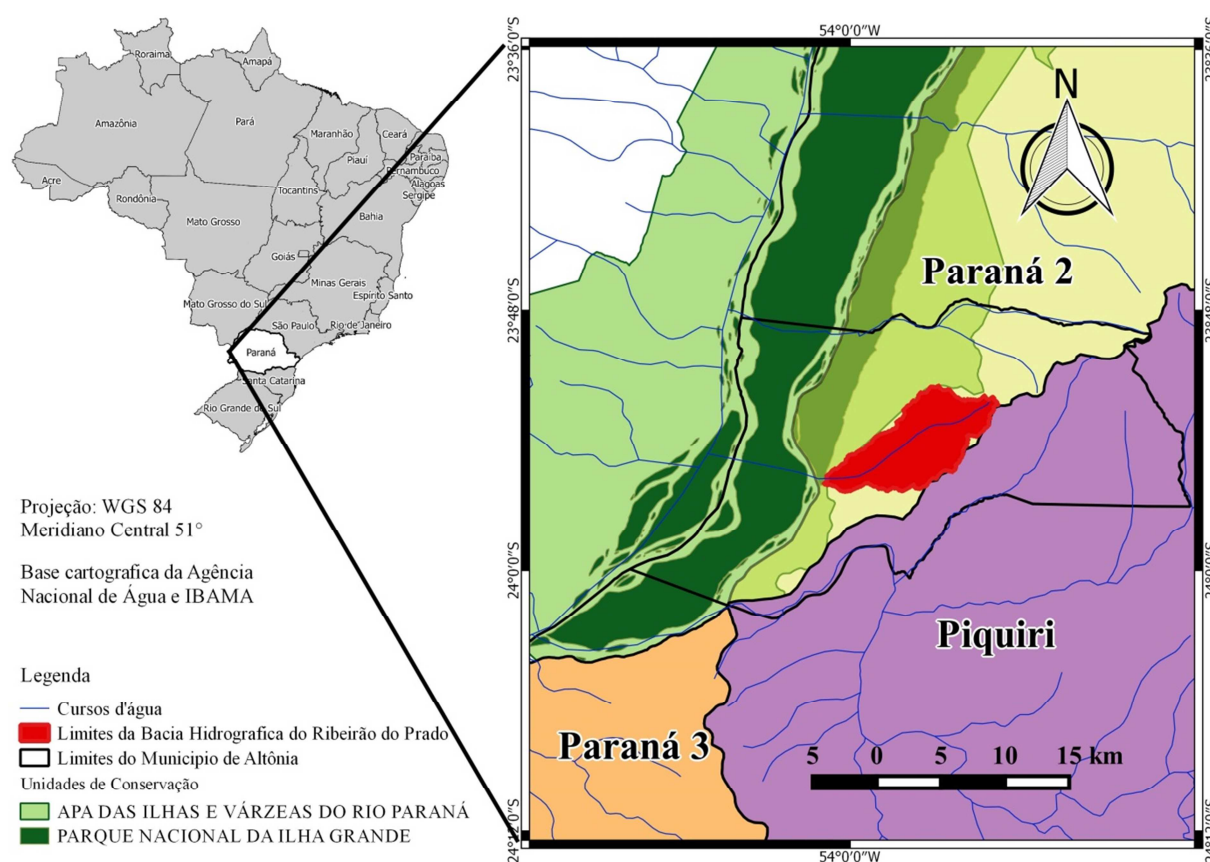


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia - PR. (Arrumar)

Segundo IPARDES (2015), o município apresenta uma área total de 729,317 km², e as principais atividades econômicas desenvolvidas estão voltadas a agricultura, em especial ao cultivo de mandioca, milho e soja, além da criação de animais, principalmente de bovinos e galináceos. Os dados de 2010 apresenta uma população de 20.516 habitantes, sendo 73,5 % urbano e 26,5% rural.

2.2. Processamento Digital

Para a delimitação automática da bacia utilizou-se MDE SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponibilizados pelo USGS (*United States Geological Survey*), com resolução espacial de 1 arco-segundo (30 metros), na projeção WGS 84, reprojeta para

coordenadas planas UTM, *Datum*: Sirgas 2000. Fez-se a demarcação visual da área que envolve a bacia do Ribeirão do Prado e realizou-se o recorte do MDE SRTM, visando reduzir o tempo de processamento, no aplicativo TauDem (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*) conforme fluxograma apresentado na Figura 2.

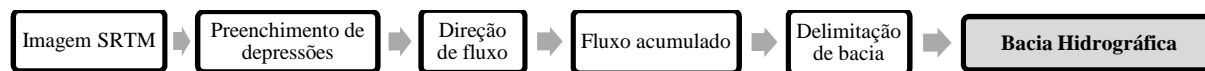


Figura 2. Fluxograma de processamento no aplicativo TauDem.

O primeiro processamento do MDE SRTM na interface QGis, realiza o preenchimento de depressões (*Pit Removed Elevation Gride*), onde os pixels com altitude muito abaixo dos pixels vizinhos, tem as suas altitudes aproximadas conforme a apresentada em seu entorno. Como resultado, temos um arquivo hidrológicamente corrigido. Posteriormente, extraiu-se a direção de fluxo (*D8 Flow Directions*), que decorre de uma análise pixel a pixel do MDE SRTM e que determina a direção do escoamento superficial na bacia. Em seguida, gerou-se o fluxo acumulado (*Stream Definition by Threshold*), sendo determinada a rede de drenagem que é composta pela linha que integra os pixels que foram identificados como receptores do fluxo superficial. Através desta linha foi possível identificar o exutório da bacia demarcado por vetor do tipo ponto. Assim, conclui-se o processamento com a delimitação da bacia (*Stream Reach and Watershed*), obtendo como resultado final de todo o algoritmo (Figura 2) a área da bacia em formato raster, convertido em formato vetorial, a declividade do terreno e a rede de drenagem.

2.2.1. Parâmetros Morfométricos

A área da bacia (A) foi determinada através da calculadora de campo, utilizando o arquivo vetorial de delimitação da bacia, em projeção SIRGAS 2000 / UTM 22 S, a qual permite a extração de dados geométricos da feição. O mesmo procedimento foi aplicado para extrair as demais medidas geométricas utilizadas para caracterização da forma da bacia.

O Índice de circularidade (I_c) foi calculado pela razão da área real da bacia (A) e a área de um círculo hipotético (πr^2) que possua o mesmo perímetro da bacia (A_c) (Equação 1). Esta razão deve variar entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, mais circular será a forma da bacia e quanto mais próxima de 0 mais estreita e alongada será a forma. Quanto mais próximo de um círculo, maior será o risco de uma enchente súbita ocorrer no canal principal decorrente de fortes precipitações (Machado e Torres, 2012).

$$I_c = \frac{A}{A_c} \quad (1)$$

Determinou-se o coeficiente de compacidade (K_c) que relaciona a forma da bacia a um círculo de mesma área, utilizando os fatores geométricos de perímetro (P) e área (A) da bacia (Equação 2). Quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será este coeficiente e sua variação não tem um intervalo específico, apenas sabe-se que quanto mais diferente e maior que 1, mais alongada será essa bacia, e quanto mais próximo de 1 mais suscetível a enchentes (Cardoso et al, 2006).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

O Fator de forma (K_f) trata-se da razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Equação 3), (L_{axial}), que corresponde ao comprimento do curso principal desde sua

nascente até sua foz. Para obter-se a largura média (\bar{L}), fez-se uma média aritmética simples das várias medidas transversais ao sentido longitudinal do rio e paralelas entre si. Quanto menor seu valor, menor será a suscetibilidade da bacia a ocorrência de enchentes. (Cardoso et al, 2006).

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L_{axial}} \quad (3)$$

A Densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento dos cursos d'água de uma bacia (L_{total}) e sua área (A), calculada pela Equação 4. Este índice varia de 0,5 km/km² para bacia com drenagem pobre a 3,5 km/km² para bacias bem drenadas, a qual apresenta menor tempo de concentração e a densidade de drenagem reflete a influência da geologia, da topografia, dos solos e da vegetação existente na área da bacia hidrográfica, e se relaciona ao tempo gasto para a saída do escoamento superficial (Machado e Torres, 2012).

$$D_d = \frac{L_{total}}{A} \quad (4)$$

O Índice de sinuosidade (sin) se refere a um fator controlador da velocidade de escoamento, e pode ser definido como a relação entre o comprimento do rio principal ($L_{rio\ principal}$) e o comprimento axial da bacia (L_{axial}), calculado pela Equação 5 (Lana et al, 2001; Knierin e Trentin, 2015).

$$Sin = \frac{L_{rio\ principal}}{L_{axial}} \quad (5)$$

As Curvas de nível foram extraídas no QGis através do algoritmo “*raster* → extração → contorno”, com equidistância de 5 metros, a partir do MDE SRTM hidrologicamente corrigido. Para melhor visualização do resultado, utilizou-se o recurso de curvas mestras, onde fez-se uma classificação baseada em regras, permitindo gerar um layout de curvas cotadas apenas de 20 em 20 metros. A declividade média (%) foi derivada do MDE SRTM e classificada em: relevo Plano (0 - 3%), Suave Ondulado (3 - 8%), Ondulado (8 - 20%), Fortemente Ondulado (20 - 45%), Montanhoso (45 - 75%) e Escarpado (>75%), conforme Embrapa (1997).

O método utilizado para obtenção da declividade dos terrenos na bacia resulta de uma classificação automática gerada pelo Qgis (Slovinski, et al., 2009). Fez-se uma análise entre a declividade média da bacia e o risco de processos erosivos, segundo Machado e Torres (2012), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre declividade e erosão, segundo Machado e Torres (2012).

Declividade	Relevo	Suscetibilidade à erosão
Até 8%	Plano e suave ondulado	Ligeira
>8≤20	Ondulado	Moderada
>20≤45	Forte ondulado	Forte
>45	Montanhoso e escarpado	Muito forte

3. Resultados

A bacia do Ribeirão do Prado possui uma área e perímetro de 61,40 km² e 55 km, respectivamente. A extensão máxima da bacia, no sentido nordeste-sudoeste, é de 15,2 km, e a sua largura média é de 6,2 km, com perímetro de 55 km (Tabela 2). O canal principal do rio

possui um comprimento aproximado de 15,4 km que corresponde a 42% de toda a drenagem da bacia que é de 36,46 km. Classificado como rio de 3° ordem, endorréico por desaguar no rio Paraná, em região de interflúvio das bacias hidrográficas do Paraná 2, Piquiri e Paraná 3 (Figura 3).

Bacia do Ribeirão do Prado



Figura 3. Mapa da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Prado.

Tabela 2. Análise morfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado

Característica	Variável	Valor
Geométricas	$A(\text{km}^2)$	61,4
	$P(\text{km})$	55
	\bar{L} (km)	3,5
	L_{axial} (km)	14,9
	IC	0,25
	KC	1,96
	KF	0,23
Relevo	Altitude Máxima (m)	400
	Altitude Média (m)	320
	Altitude Mínima (m)	240
	Declividade Média (m/m)	0.01
Rede de Drenagem	$L_{\text{rio_principal}}$ (km)	15,4
	L_{total} (km)	36,46
	Dd (km/km^2)	0,59
	Sin (km/km)	1,03
	Ordem da Bacia	3
	Padrão de Drenagem	Dendrítico

Conforme resultados morfométricos da bacia apresentados na Tabela 2, a densidade de drenagem (Dd) encontrada foi de 0,59 (km/km²), considerada mediana segundo Beltrame (1994), e pobre de acordo com Villela e Mattos (1975).

O índice de sinuosidade (Sin) obtido foi de 1,07, indicando que o rio ainda não atingiu sua estabilidade perante suas variáveis hidrológicas, apresentando curtos meandros do médio curso a foz (Machado e Torres, 2012).

O valor do Índice de circularidade (Ic) foi de 0,25 caracterizando a forma da bacia como estreita e alongada, corroborando com os valores detectados pelo fator de forma que apresentou valor igual a 0,23 e coeficiente de compacidade (Kc) igual a 1,96, indicando que após uma precipitação intensa o escoamento superficial gerado estará bem distribuído no canal principal ao longo do tempo diminuindo os riscos de enchentes.

No mapa de curvas de nível (Figura 4) nota-se que a bacia tem sua cota mais alta em 400 metros e a mais baixa em 240 metros. A nascente do rio principal e seus principais tributários estão em uma altitude entre 350 e 330 metros. Pelo mapa de declividade (Figura 5) notamos que apesar de haver uma diferença de 160 metros entre a cabeceira e o exutório, o relevo se mantém variando entre plano e suavemente ondulado com no máximo 8% de declividade. Nas áreas de maior declividade a topografia do terreno atinge no máximo 20% nas proximidades das drenagens. Nota-se que as áreas nos extremos da bacia, tanto na parte mais alta quanto na mais baixa, apresenta o relevo plano com declividade entre 0 e 3 %.

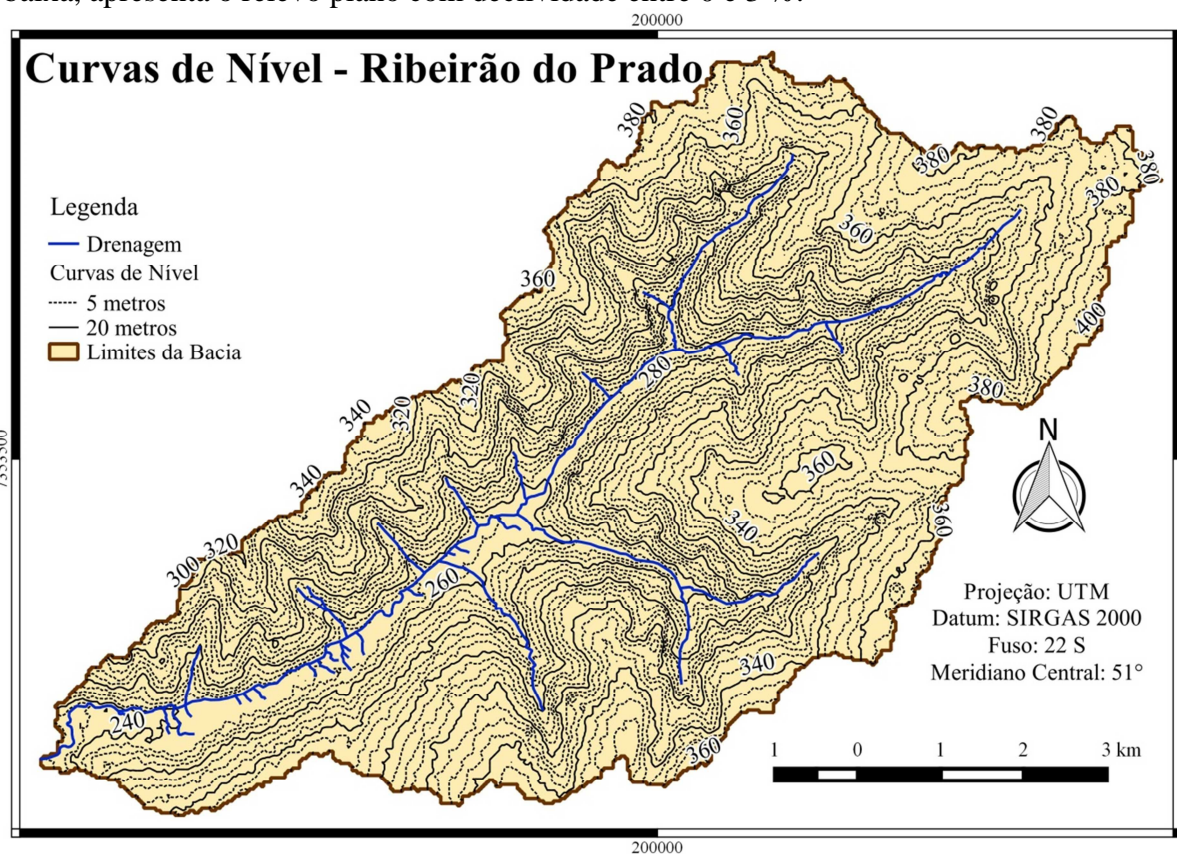


Figura 4. Curvas de níveis na bacia hidrográfica.

Comparando os dois mapas de declividade (Figura 5) e curva de nível (Figura 4), observa-se que na margem direita do rio principal, as curvas de níveis se aproximam indicando um relevo mais acidentado. Verifica-se também que a área da margem direita do rio principal é menor que a margem esquerda que possui maiores extensões de cursos d'água e maior drenagem pluvial.

Relacionando a declividade do terreno com a suscetibilidade de processos erosivos apontados na Tabela 1, esta bacia não possui fortes indícios de intensas erosões. No entanto, as áreas próximas as drenagens apresentam declividade ondulada, indicando serem moderadamente vulneráveis a erosão, considerando a potencialização devido a fragilidade que possui a formação arenito Caiuá (Ferreira et al., 2012)

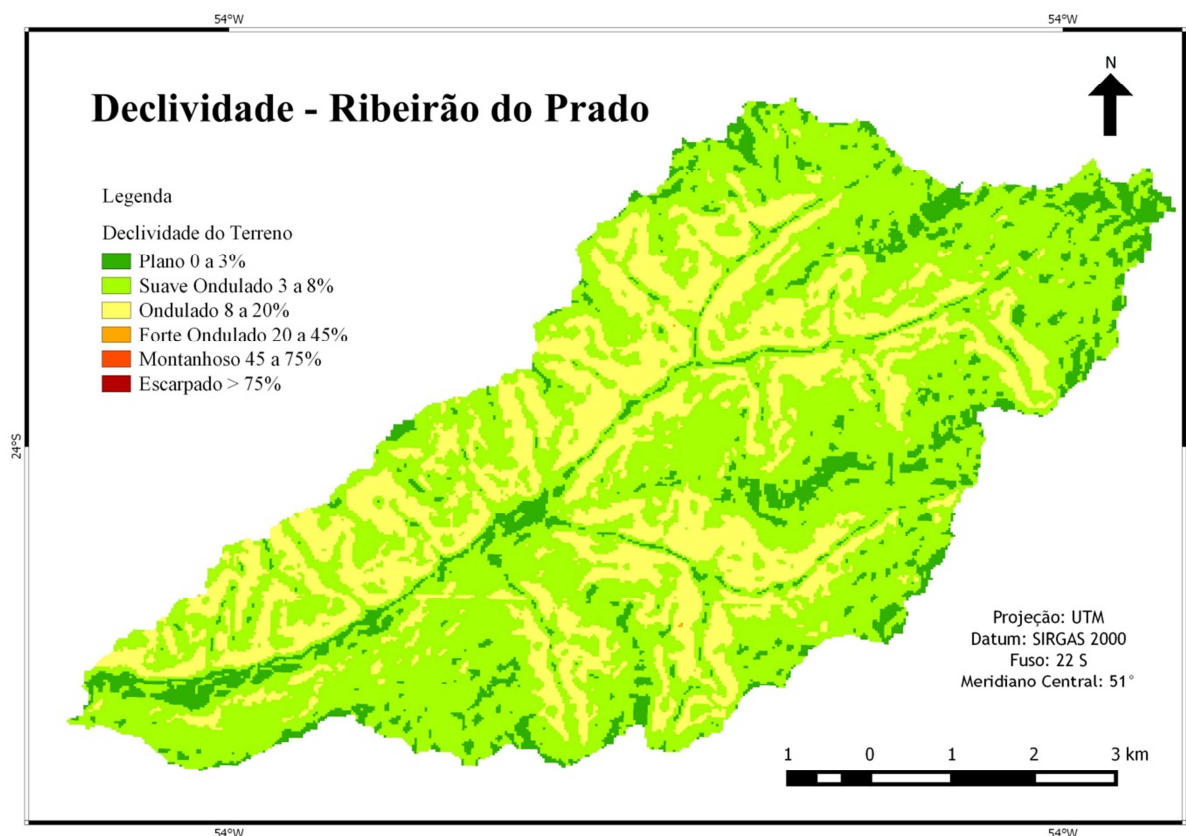


Figura 5. Mapa de declividade.

Conclusão

A utilização do MDE SRTM permitiu a delimitação da bacia e extração da drenagem com padrão dendrítico, de 3º ordem. Pela caracterização morfométrica identificou-se que a bacia é alongada com baixa suscetibilidade a enchentes. Pela análise do relevo, destacou-se que grande parte da bacia varia de plana a ondulada, com grandes vulnerabilidades de ocorrência de processo erosiva, devida sua formação geológica, próximo as drenagem que apresentam relevo ondulado. Esta realidade tem impactos sobre carreamento de sedimento para o rio Paraná, e as Unidades de Conservação próximas a esta área, a montante do lago de Itaipu.

O software Qgis se mostrou uma excelente ferramenta de auxílio na tomada de decisão da gestão dos recursos hídricos. A metodologia proposta possibilita a minimização de custos e tempo para a efetuação dos trabalhos de campo e obtenção dos parâmetros morfométricos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Referências

Beltrame, Ângela da V. **Diagnostico do meio físico de bacia hidrográfica:** modelo e aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

Cristofoletti, Antônio. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edigard Blucher, 1980.

Cardoso, Christiany Araujo et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa-mg, v. 30, n. 2, p.241-248, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula 10. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos.** Rio de Janeiro, 1979. 83p.

Ferreira, Sandra Lessa da Silva; Oka-Fiori, Chisato; Kozciak, Simone. Análise multitemporal da erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, Altônia - PR, decorrente da dinâmica agropastoril. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 44, p.15-34, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

Hamada, E. Golçalves, R. R. V. **Introdução ao Geoprocessamento: princípios básicos e aplicações.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.1ª ed. 52p.

IBGE. **Noções básicas de cartografia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 128 p.

IPARDES. **Caderno estatístico:** município de Altônia. IPARDES: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2015.

Knierin, Igor da Silva; Trentin, Romario. Análise de Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.405-421, dez. 2015.

Lana, Cláudio Eduardo; Alves, Júlia Maria de Paula; Castro, Paulo de Tarso Amorim. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p.121-126, jun. 2001.

Machado, Pedro Jose de Oliveira; Torres, Filipe Tamiozzo Pereira. **Introdução a Hidrogeografia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.

Santos, Rosely Ferreira Dos. **Planejamento ambiental: teoria e Prática.** São Paulo Oficina textos, 2004.

Schiavetti, A.; Camargo, A. F. M. **Conceitos de Bacias hidrográficas; Teorias e Aplicações.** Editus. Ilhéus, BA. 2002.

Slovinski, N.C.; Souza, N.C.; Dornelas, T.S. Uso de produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para análise morfométrica de bacias hidrográficas: um estudo de caso das bacias dos rios Capivari, Bacaxá e Alto São João – RJ. In: simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Natal, 2009. **Anais.** Natal, 2009.

Tonello, Kelly Cristina et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa-mg, v. 30, n. 5, p.849-857, abr. 2016.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil 1975.