

Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS

Aldrei Schmitt¹; Carlos Roberto Moreira²

Resumo: O objetivo dessa pesquisa foi realizar um estudo das características físicas da microbacia hidrográfica do Rio Bonito, localizada no município de Rio Bonito do Iguaçu – PR, utilizando o software livre Quantum Gis. O Modelo utilizado neste estudo foi o da missão, que um Modelo Digital de Elevação conhecido como MDE derivado da imagem SRTM, obtida no site earthexplorer.usgs.gov, onde foram coletadas imagens cartográficas. Inicialmente selecionou-se um arquivo denominado SRTM, onde foram geradas as imagens, utilizadas para representar altimetria e elevação. Assim, através do processamento dos dados SRTM foi possível delimitar, de maneira automática, a área de contribuição da bacia que foi de 350,92 km², o comprimento do rio principal de 55,09 km e o perímetro da bacia de 97,21 km. Como resultados foram obtidos o coeficiente de compactidade (Kc) igual 1,45; e o índice de circularidade (Ic) de 0,47; bacia mais alongada favorecendo o escoamento superficial. Assim, como o coeficiente de conformação (Fc) que foi de 0,12 relativamente distante de um, com propensão mediana à grandes enchentes. Os resultados obtidos mostram que a microbacia do Rio Bonito necessita de cuidados especiais na prevenção de enchentes, com, por exemplo, a adoção de práticas conservacionistas de manejo do solo.

Palavras-chave: Informações geográficas; preservação da biodiversidade; características físicas.

Management and river basin management using the Quantum -GIS free software

Abstract: The objective of this research was to conduct a study of the physical characteristics of the watershed of the Rio Bonito, located in Rio Bonito do Iguaçu - PR, using free software Quantum GIS. The model used in this study was the mission, a Digital Elevation Model known as DEM derived from SRTM image obtained in earthexplorer.usgs.gov site where they were collected cartographic images. Initially selected a file called SRTM, images, used to represent altitude and elevation where they were generated. Thus, by processing the SRTM data was possible to identify, automatically, the contribution of the basin which was 350.92 km², the length of the main river of 55.09 km and the perimeter of 97.21 km basin. The following results were obtained compactness coefficient (Kc) equal to 1.45; and circularity index (CI) of 0.47; so little removed from the unit, with a median probability of occurrence of large floods. Thus, as the conformation coefficient (Fc) of 0.12 which was a relatively distant, large median prone to flooding. The results show that the watershed Rio Bonito needs special care in preventing floods, with, for example, the adoption of conservation practices of soil management.

Key words: Geographic information, preservation of biodiversity, physical characteristics.

Introdução

A introdução de superfície impermeável diminui a infiltração de água no solo, diminuindo a recarga no lençol freático, o que pode implicar desperenização dos cursos

¹ Acadêmico do Curso de Agronomia da Faculdade Assis Gurgacz – FAG. aldreischmitt@gmail.com

² Engenheiro Agrícola. Doutor (UNIOESTE). Professor da Faculdade Assis Gurgacz – FAG. crmoreira3@fag.edu.br.

d'água. Também causa escoamento superficial combinado com o aumento da velocidade produzida pela drenagem artificial, resultando em maiores vazões de pico com tempo de ocorrência mais rápido, provocando as enchentes em áreas urbanas (TUCCI, 2002).

O Brasil há grande disponibilidade de recursos hídricos, contando com 12% de toda água doce do planeta ou a vazão de 180 mil m³/s disponível em rios (RAUBER & OLIVEIRA, 2008). Apesar da favorável conjuntura, existe uma distribuição espacial desigual de recursos hídricos no território brasileiro (MENDONÇA & LEITÃO, 2008). Cerca de 80% do montante estão concentrados na região Amazônica, onde se encontram o reduzido contingente populacional e menores demandas do recurso (ANA, 2012).

Para Santos (2004), o planejamento ambiental como política pública “envolve um pouco mais de questões como o levantamento de dados sobre a região para a qual se pretende fazer o planejamento”. Dessa maneira, o planejamento ambiental torna-se instrumento de extrema importância para o cumprimento de políticas de meio ambiente, configurando-se como uma relevante ferramenta de diagnóstico e prognóstico para uma eficiente gestão ambiental.

Uma bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, compostos por cabeceiras, nascentes, divisores de água, afluentes de cursos d'água principal, nos quais a água escoar para um único ponto de saída conhecida como seção de controle (GUERRA, 1993). Bacias hidrográficas normalmente fazem parte de outras bacias de maior porte e assim sucessivamente. Sendo assim, a adoção de termo sub-bacia pode ser mais apropriado, haja vista que os critérios de definição quanto ao tamanho, são imprecisos. A fim de facilitar a execução das várias etapas de trabalho, é possível desenvolver projetos de planejamento em bacias hidrográficas de tamanho menor, as quais são chamadas microbacias hidrográficas (SOUZA, 2002).

A microbacia hidrográfica é considerada a unidade espacial mínima, definida a partir da classificação de uma bacia de drenagem em seus diferentes níveis hierárquicos, subdividindo-a até a menor porção possível (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993). De acordo com a finalidade da pesquisa, existe algumas sugestões, como considerar bacias de até 25 km² ideais para estudos hidrologia, por exemplo, de estimativas de vazão, e entre 10 e 50km² para planejamento conservacionista (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993).

Por se tratar de uma pequena área, a microbacia hidrográfica a ser definida como área de estudos para o desenvolvimento de um projeto de planejamento precisa ser cuidadosamente selecionada. A área de uma microbacia é a área plana inclusa entre seus

divisores topográficos. É obtida normalmente com a utilização de um planímetro a partir de fotografias aéreas e imagens de satélites (PONZONI, 2001).

A delimitação de bacias hidrográficas a partir de imagens de satélites também é possível, entretanto, sua maior ou menor precisão vai depender, não só do tamanho da bacia a ser mapeada, como, principalmente, da qualidade e riqueza de informações da imagem considerada. O uso do computador e dos Sistemas Geográficos de Informações permite uma exploração mais exaustiva das informações levantadas sobre a área de estudo e sua combinação é capaz de gerar mapas interpretativos, sob a demanda de usos concretos (FERRAZ & VETTORAZZI, 1998).

A utilização da ferramenta de ordenação territorial, desenvolvidos para a manipulação da informação geográfica, principalmente os softwares livres, sem custo, na gestão de recursos hídricos, baseiam-se em conceitos Cartográficos e de Geoprocessamento para representar a realidade de uma escala reduzida e virtual. Basicamente, o que deve ser levado em conta é que, quando um determinado território é representado em um ambiente virtual, em escala reduzida, é possível realizar simulações e, principalmente, relacionar as atividades que ocorre no território de maneira integrada (SILVA *et al.*, 2012).

Os softwares livres são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial, utilizam uma base de dados computadorizada que contém informação espacial, sobre qual atuam um série de operadores espaciais, baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise de dados espaciais e temporais e na geração de informações correlatas (TEIXEIRA, 2002).

O estudo da rede de drenagem como um indicador ambiental para o planejamento em microbacias precisa ainda ser explorado. Para isso é necessário dispor de um mapa-base detalhado da rede hidrográfica, elaborado a partir de fotos aéreas em escalas grandes, preferencialmente inferiores a 1:25.000, e onde sejam mapeados todos os cursos de água inclusive os de ordem zero ou efêmeros.

A forma da bacia hidrográfica é fundamental por determinar no tempo de alteração da precipitação em escoamento superficial e sua comprovação na seção de controle. Isso é verificado por meio dos coeficientes que permitem quantificar a influência da forma no modo de resposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação (RESCK, 1992).

As bacias hidrográficas apresentam uma variedade infinita de formas geométricas, que supostamente refletem o comportamento hidrológico da bacia, sendo que quando apresentada

em um plano, apresenta a forma geral de uma pera, que é a mais comum. Em geral as formas de superfície de uma bacia côncava, determinando a direção geral do escoamento dos rios que compõem a bacia hidrográfica (GREGORY & WALLING, 1973).

Em uma bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo. Já uma bacia elíptica apresenta a saída ou exutório na ponta do maior eixo e, se a área for igual à da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto uma enchente menor.

O coeficiente de compacidade, também chamado índice de Gravelius (K_c), com um coeficiente mínimo igual a 1 (um) corresponderia à bacia circular; portanto, se o resultado for 1 (um) seria um círculo perfeito. Quanto menor o K_c , mais circular é a bacia, e tem maior tendência de haver picos de enchente, pois, maior será a possibilidade de toda a área estar contribuindo de uma só vez (Villela & Mattos, 1975).

O índice de circularidade (I_c), simultaneamente ao coeficiente de compacidade (K_c), tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada (ANDRADE et al., 2008).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é de grande importância para estudos ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em seus cursos d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema (PINTO JÚNIOR & ROSSETE, 2005).

Este trabalho teve como objetivo realizar a determinação do coeficiente de compacidade, índice de circularidade e coeficiente de conformação através do software gratuito - Quantum GIS, na Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito, no município de Rio Bonito do Iguaçu - PR.

Material e Métodos

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Rio Bonito do Iguaçu, localizado na Região Oeste do Estado de Paraná e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. As coordenadas geográficas do município são: latitude 25°28'42.73"S e longitude 52°30'45.63"O (Figura 1).

Figura 1 - Localização de Rio Bonito do Iguaçu



A Microbacia Hidrográfica do Rio Bonito foi escolhida para estudo devido ao fato de arredores conterem uma inúmera quantidade de pequenas propriedades rurais em plena atividade agrícola e pecuária. E também pelo fato de estar inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, que por sua vez reveste-se de importância para a região Oeste do Paraná, no que tange ao abastecimento humano, agricultura, pecuária, piscicultura, recreação, diluição de descarga de águas residuárias e produção de energia.

Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Através do software gratuito - Quantum – GIS, um sistema de informação geográfica e licenciado sob a General Public License (GNU), portanto se trata de um software livre. Também foi utilizado como ferramenta de apoio para obtenção dos mapas o software Google Earth, apresentando mosaicos de imagens de satélites que cobrem todas as regiões da Terra.

Delimitação de bacia hidrográfica

Para delimitação de bacia hidrográfica (comprimento do axial do rio principal, perímetro e área da bacia hidrográfica), foi utilizado o programa Quantum-GIS, e foram seguidos os seguintes passos:

O primeiro passo foi selecionar um arquivo denominado SRTM que são imagens de radar, e são utilizadas para representar altimetria e elevação. O SRTM é um MDE - Modelo Digital de Elevação. Para a delimitação da bacia, foi utilizado o modelo MDE SRTM encontrado no site earthexplorer.usgs.gov, USGS science for a changing world, onde foram coletadas imagens cartográficas. A imagem original SRTM foi submetida a um processamento que alterou a resolução espacial do grid, cujas unidades equivalem a dimensões de 90 x 90 metros no terreno, para as imagens resultantes, com pixel para 30 x 30 metros, através de técnicas de geoestatística. Em seguida o mosaico foi projetado, passando do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas planas; esse procedimento foi necessário para determinação de área e perímetro.

O próximo passo foi o recorte da área que abrange a bacia analisada, utilizando um retângulo envolvente, com isso reduziu-se significativamente o tamanho da imagem, tornando os processamentos posteriores mais rápidos.

Acessando o programa G-GIS na aba "Raster", onde ficam acumulados todos os trabalhos realizados e aberto no trabalho, com o MDE da bacia escolhida para o estudo, foi seguido vários passos e processos para a delimitação da bacia.

No programa Quantum-GIS acessando o item "Elevation Grid", no algoritmo "Pit Removed Elevation Grid", o arquivo de imagem MDE já aparece selecionado, na mesma janela na opção "Salvar em Arquivo", foi salvo em arquivo "Tif", que é o arquivo de leitura utilizado pelo programa.

Após o processamento inicial, o recorte do MDE - Modelo Digital de Elevação, Topodata foi importado para o programa Quantum GIS - 4.8.6, encontrado gratuitamente no site www.mapwindow.org, no qual está embarcada a extensão TauDEM – Terrain Analysis Using Digital Elevation Model, também gratuito encontrado no site hydrology.esu.edu/taudem, que consiste em um conjunto de ferramentas que permitem a delimitação de bacias hidrográficas de maneira automática, rápida e objetiva. Os passos para a obtenção do divisor topográfico da bacia consistem em:

1. Correção do MDE para a remoção de pixels que poderiam comprometer a continuidade do fluxo da água - ferramenta Fill Pit;
2. Determinação da direção preferencial do fluxo na superfície – ferramenta D8 Flow Direction, a qual define o fluxo, pixel a pixel em apenas uma direção dentro de oito possíveis caminhos em relação aos pixels vizinhos;
3. Obtenção do fluxo acumulado na superfície – ferramenta D8 Contributing Area, que consiste na representação da linha composta pelos pixels selecionados na etapa anterior e nesta etapa já é possível definir o exutório da bacia, obtendo em seguida a área de contribuição a montante desse ponto;
4. Obtenção da bacia em formato raster – ferramenta Stream Reach and Watershed, neste passo foi possível também a extração da rede de drenagem numérica para a área de estudo. Como a bacia é obtida em um arquivo raster faz-se necessário a sua conversão para o formato vetor (polígono), para realização dos cálculos de área e perímetro.

Em sequência usando o algoritmo "StreamDefinitionbyThreshold": No campo "AccumulatedStreamSource Grid", foi informado o raster "D8 ContributingArea", no campo "Threshold", a limiar com valor 100 para a criação de drenagens densas, e em sequência, no

campo "StreamRaster Grid", especificado o nome e o local de saída, formando o raster "StreamDefinition".

Para determinar o ponto de escoamento da bacia escolhida para o estudo, um ponto exutório foi criado, para determinar o final da bacia, barragem ou reservatório, para desligar a bacia de outros rios e bacias. No Q-GIS, acessando o "Menu Camada" – "Criar Camada" – "Camada do Tipo Shape", selecionado a opção "Ponto". indicado o mesmo Sistema de Coordenadas do projeto para a nova camada vetorial.

Na implantação do ponto no mapa. Foi utilizado o menu ferramentas, "Alternar Edição" para ter acesso à edição de feições. Foi aproximado a visualização para a área escolhida para o desligamento da bacia, com a ferramenta "Adicionar Feição", foi marcado o ponto no curso do rio, marcado zero no número de "id", assim determinando o final da bacia escolhida para o estudo.

Após definido o final da bacia novamente foi usado o Algoritmo "D8 ContributingArea", nessa segunda versão foi informado o raster de direção de fluxo no item "D8 FlowDirection Grid", no campo "OutletsShapefile", foi selecionado o ponto de exutório criado no processo anterior e no campo "D8 ContributingDirection Grid", indicado um local para gerar o arquivo, esse processo gera o desligamento da bacia escolhida.

Na sequência é usado novamente o Algoritmo "StreamDefinitionbyThreshold", Para gerar a rede de drenagem na área da sub-bacia: No campo "AccumulatedStreamSource Grid", foi informado o raster "D8 ContributingArea", no campo "Threshold", estabelecido o limiar com valor 200 para a criação de uma drenagem média, no campo "StreamRaster Grid", especificado o nome e o local de saída para o arquivo.

O último passo para os processos de delimitação de bacias hidrográficas. Nesta etapa, foi transformada a rede de drenagem do formato raster para o formato shapefile, para delimitar o tamanho do rio, área e perímetro, e todas as microbacias da região de estudo foram determinadas. Usando o algoritmo "StreamReachandWatershed", que delimita as entradas.

No processo desse último passo, os campos foram preenchidos com todos os dados processados anteriormente. No campo "Pit FilledElevation Grid", o raster "Pit Remove", este foi o primeiro mapa criado; No campo "D8 FlowDirection Grid", o raster "D8 FlowDirection", este foi o segundo mapa criado; No campo "D8 DrainageArea", o segundo mapa gerado com o algoritmo "D8 ContributingArea". É a área de contribuição da sub-bacia, a área menor. E no campo "StreamRaster Grid", o segundo mapa, "StreamDefinitionbyThreshold", são os rios da sub-bacia, a drenagem menos densa.

E para cada entrada foi informada as saídas, são os mapas base de dados, arquivos vetoriais que vão ser utilizados para a coleta de informações numéricas. Cada campo gera dados diferentes da bacia. No campo "StreamOrder Grid", raster que representa a hierarquia dos rios; No campo "Watershed Grid", raster que representa as microbacias; No campo "StreamReachShapefile", representa a rede de drenagem; No campo "Network ConnectivityTree", informações adicionais sobre a bacia; No campo "Network Coordinates", coordenadas XYZ dos vértices da drenagem.

A partir desse processo se adquire a hierarquia do rio e dados de comprimento dos rios, área e perímetros da bacia hidrográfica e consequentemente o perímetro da bacia, e as ordens da hierarquia do rio.

Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica

Para a realização da caracterização morfométrica desta bacia, foram necessárias as delimitações de atributos básicos, a saber: área, perímetro, comprimento axial do rio principal. A partir destes atributos foram calculados os índices de forma das bacias, traduzidos nos valores de coeficiente de compacidade (K_c), índice de conformação (K_c) e índice de circularidade (I_c).

Coeficiente de compacidade (K_c)

O Coeficiente de compacidade (K_c) que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (Villela & Mattos, 1975), foi calculado a partir da equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo:

A = área da bacia (km^2);

P = perímetro da bacia (km)

Conforme Silva & Mello (2008), podem-se classificar bacias hidrográficas função do valor de K_c da seguinte forma:

Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. Assim, pode-se interpretá-lo da seguinte forma:

- $1,00 \leq K_c < 1,25$ – bacia com alta propensão a grandes enchentes;

- $1,25 \leq K_c < 1,50$ – bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- $K_c \geq 1,50$ – bacia não sujeita a grandes enchentes.

O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários, sendo seu estudo importante por indicar a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia.

Índice de Circularidade (Ic)

O Índice de Circularidade é outro parâmetro utilizado. Ele tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada. O índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. Para isso, utilizou-se a seguinte equação.

$$I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

Sendo:

A = área de drenagem (m²);

P = perímetro (m).

Segundo Schumm (1956), de acordo com o valor reportado do Ic, as bacias podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- Ic = 0,51 possuem escoamento superficial moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas;
- 2. Ic > 0,51 demonstra uma bacia circular favorecendo os processos de inundação;
- 3. Ic < 0,51 bacia mais alongada favorecendo o escoamento superficial.

Índice de conformação – Fc:

O Índice de conformação (Fc) compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial, de acordo com Villela e Mattos (1975). Representa a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia.

Este índice expressa a probabilidade que a bacia pode ter enchentes. Quanto mais próximo de um (1) os resultados obtidos através da fórmula, maior a propensão à enchentes, pois, a bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado e com maior concentração do fluxo. Compara a área da bacia com a área do quadrado de lado igual ao comprimento axial, de acordo com (VILLELA & MATTOS, 1975), sendo expresso pela equação:

$$F_c = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

A = área (km²);

L = comprimento axial da bacia (km).

Resultados e Discussão

Analisando-se os dados obtidos pelo programa Quantum-GIS, a saber: área de drenagem encontrada na bacia foi de 350,92 km², comprimento axial do rio principal 55,09 km e seu perímetro, de 97,21km, que foi calculado o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade e o coeficiente de conformação (Tabela 1).

Tabela 1 – Características Físicas da bacia do Rio Iguaçu, PR, 2015

Características Físicas	Resultados
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,45
Índice de Circularidade (IC)	0,47
Coeficiente de conformação (Fc)	0,12

De acordo com os resultados na Tabela 1, o coeficiente de compacidade apresenta relativamente afastado da unidade (1,45), com um valor entre 1,25 e 1,50. Assim, encontra-se com probabilidades medianas a propensão a grandes enchentes em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidades anormais.

Tal fato pode ainda ser comprovado pelo valor encontrado para o índice de circularidade (0,47). Este valor tem proporções medianas a propensão a grandes enchentes, por ser menor que 0,51, indica que a bacia tende a ser mais alongada em relação a nascente com sua foz, contribuindo para o processo de escoamento. Enquanto que valores maiores a esse sugerem que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (SCHUMM, 1956).

Ferreira et. al., (2010) estudando a bacia hidrográfica do Açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE foram encontrados índice de circularidade de 0,37 e coeficiente de compacidade igual a 1,63. Constatou-se assim que, apesar da bacia apresentar ramificações significativas, devido sua forma alongada ela possui menor risco de cheias durante os eventos normais de precipitação.

De acordo com Villela e Mattos (1975), o coeficiente de conformação é um número que varia com a forma da bacia, não levando em consideração o seu tamanho. A

probabilidade de chuvas mais intensas em bacias circulares é mais intensa, e acontecem em toda sua extensão, assim concentrando um grande volume de água no rio principal, por a bacia sem mais circular a quantidade de água na bacia se torna muito maior, levando em consideração sua forma. Aumentando a probabilidade de enchentes na bacia e reduzindo os efeitos a jusante. Assim, os resultados mostram que é uma rede de drenagem alongada, se torna uma bacia com pequenos riscos de inundações e cheias instantâneas.

Considerando que a área da bacia em questão é de 350,92 km² e o comprimento do rio principal é de 55,09 km, com base nestes dados, verifica-se uma tendência de que esta bacia se caracteriza como uma bacia com formato alongado e não de um quadrado, confirmando, que esta é uma bacia com pouco risco de inundações e cheias instantâneas, constatado anteriormente pelos outros dois índices.

O coeficiente de conformação apresentou um valor baixo (0,12), uma bacia com F_c baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho (VILLELA & MATTOS, 1975). Alterações no uso e ocupação do solo bacia, por exemplo, a impermeabilização do solo e a grande remoção de vegetação nativa, modificam o comportamento de algumas variáveis hidrológicas, em especial a infiltração e o escoamento superficial, uma vez que as áreas com vegetação arbórea adensadas, principalmente, em áreas de preservação permanente (APPs) atuam na diminuição do escoamento superficial impedindo ou dificultando o carreamento de sedimentos para o sistema aquático, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas.

A vegetação também funciona como filtro entre os terrenos mais altos e os corpos hídricos, participando do controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica, através de ação tanto do escoamento superficial quanto da absorção de nutrientes do escoamento subsuperficial pela vegetação ciliar.

Conclusões

O uso do programa Quantum-GIS para delimitação da bacia hidrográfica se tornou uma maneira rápida, fácil e precisa de se trabalhar, para determinar, a área, perímetro e comprimento do rio, entre outras características que são levadas em consideração para se delimitar uma bacia hidrográfica, podendo auxiliar a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos, mostrando-se uma alternativa prática e viável ao minimizar custos e tempo na execução dos trabalhos.

Os coeficientes apontam a bacia hidrográfica de Rio Bonito do Iguaçu, para uma bacia de forma mais alongada, comprovado pelo coeficiente de compacidade, índice de

circularidade e coeficiente de conformação, portanto, com probabilidade mediana de ocorrer picos de cheias nesta bacia.

Por fim, sugere-se que outros trabalhos sejam realizados sobre esse tema e que sejam feitos trabalhos comparando o **Quantum GIS** e outros softwares livres para SIG, para fins de delimitar e estudar as bacias hidrográficas com mais precisão e praticidade.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, N. L. R. DE; XAVIER, F. V.; ALVES, É. C. R. DE F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. DE. 2008. **Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso** – MT. *Geociências*, 27 (2): 237 - 248.

ANA – Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Ed. Especial. DF, 2012. 215 p.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. (1993). **Conservação do Solo**. 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG)**. *Scientia Forestalis*. n. 53, jun. 1998.

FERREIRA, C. W. S. LIMA, C. S; CAVALCANTI, L. C. S; SANTOS, A. H. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE, Brasil. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. 2010**. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema2/clarisse>. Acesso em 20 de novembro de 2015.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. RJ: Bertrand Brasil, 1993. 48p.

GREGORY, K.J. & D.F. WALLING, 1973. **Drainage Basin Form and Process - a Geomorphological Approach**. John-Wiley & Sons., New York. 456p.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. *GeoTextos*, 4(1-2), 145-163, 2008.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 1.ed. S. J. dos Campos: Parêntese, v.1, 2001.

PINTO JÚNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. 2005. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira**, MT-Brasil. *Revista Geoambiente On-line*, 4: 38-53.

RAUBER, D.; OLIVEIRA, F. A. C. **Uma contextualização da demanda de água na indústria**. *SynergismusScientifica*. UTFPR, 3(1), 2008.

RESCK, D.V.S. **Manejo e Conservação do Solo em Microbacias Hidrográficas**. Planaltina: Embrapa – CPAC, 1992. 17p. (EMBRAPA – CPAC. Documentos, 40).

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. Editora: oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SILVA, A. C. C.; MARIANI, L.; GONZÁLEZ, R. A. **Produção e manipulação de dados geográficos**. Unidade 3. Centro Internacional de Hidroinformática. Agência de Desenvolvimento Regional do Oeste do Paraná. Agência Nacional das Águas.

SCHUMM, S. A. 1956. **Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy**. *Geological Society of America Bulletin*, 67 (5): 597-646.

SOUZA, C.G. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER, 2002. 124p.

TEIXEIRA, A. L. A. **Sistemas de Informação Geográfica: Uma solução para Microcomputadores de 8 bits**. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, SP. 2002.

TUCCI, C.E.M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, Brasil, v.7, n.1 p. 5-27, Jan/Mar 2002.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.