

## **SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICA NA ANÁLISE HIDROLÓGICA E AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA**

### **GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM IN THE HYDROLOGICAL AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF A BASIN**

Thyellenn Lopes de Souza<sup>1</sup>; Sérgio Campos<sup>2</sup>; Marcelo Campos<sup>3</sup>; Bruno Timóteo Rodrigues<sup>4</sup>; Edéria Pereira Gomes<sup>5</sup>

**Área Temática: Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**

#### **RESUMO**

Para melhor entendimento de planejamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, o presente de estudo teve como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Leopoldina – Bauru (SP) através do Sistema de Informação Geográfica – IDRISI Selva. A bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Leopoldina apresenta uma área de 1416,55ha, está localizada geograficamente entre as coordenadas geográficas: Latitude 22°16'54" a 22°19'15" S e Longitudes 49°11'21" a 49°12'19" WGr. A carta planialtimétrica de Bauru (SP) foi utilizada como base cartográfica para extração das curvas de nível, a hidrografia e os divisores de água, bem como - SIG - IDRISI Selva para determinação dos parâmetros morfométricos na caracterização física da bacia. O estudo da morfometria da bacia permitiu concluir que a área não é suscetível à erosão devido à sua forma mais ovalada.

**Palavras-Chave:** Morfometria. Recurso hídrico. Sustentabilidade.

#### **ABSTRACT**

To better understand the planning of Water Resources and Environment, the present study aimed to apply geoprocessing techniques in the morphometric characterization of the water basin of the Ribeirão Water of Leopoldina - Bauru (SP) through the Geographic Information System - IDRISI Selva. The water catchment area of Leopoldina Water Stream has an area of 1416.55ha, is located geographically between the geographical coordinates: Latitude 22°16'54 "at 22°19'15" S and Longitudes 49°11'21" at 49°12'19" WGr. The planialtimetric chart of Bauru (SP) was used as a cartographic base for extraction of the contour lines, the hydrography and the water dividers, as well as - SIG - IDRISI Selva for determination of the morphometric parameters in the physical characterization of the basin. The study of the morphometry of the basin allowed to conclude that the area is not susceptible to erosion due to its more oval form.

**Keywords:** Morphometry. Water resources. Sustainability.

---

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências agrônômicas/UNESP, [thyellenn@hotmail.com](mailto:thyellenn@hotmail.com); <sup>2</sup> Faculdade de Ciências agrônômicas/UNESP, [seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br), <sup>3</sup> Faculdade de Ciências e Engenharia/UNESP, [marcelocampos@tupa.unesp.br](mailto:marcelocampos@tupa.unesp.br), <sup>4</sup> Faculdade de Ciências agrônômicas/UNESP, [brunogta21@gmail.com](mailto:brunogta21@gmail.com), <sup>5</sup> Faculdade de Ciências agrônômicas/UNESP, [ederia@lpnet.com.br](mailto:ederia@lpnet.com.br)

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a unidade física adotada na legislação para o gerenciamento de recursos hídricos é a de bacia hidrográfica que constitui um princípio básico para a implementação da gestão dos recursos hídricos, sendo que tal denominação também é utilizada em outros países (GARCIA, 2011).

As características físicas das microbacias são de suma importância, pois atuam no ciclo hidrológico, influenciando diretamente nos aspectos relacionados com a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial (RODRIGUES et al., 2008).

O conhecimento dessas características físicas permite numa determinação do desenvolvimento do escoamento superficial numa determinada localidade, possibilitando a formulação de medidas preventivas no controle de enchentes, caso a microbacia seja susceptível a esse tipo de evento (CARDOSO et al., 2006).

A aplicação da tecnologia SIG facilita a maneira de como o uso do solo pode ser monitorado, pois técnicas relativamente simples podem fornecer informações que permite a avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos, a um custo aceitável. Uma questão importante na adoção das técnicas de SIG para o planejamento do uso do solo é a atividade agrícola (PELEGRIN, 2001).

O presente trabalho teve como objetivo geral, a realização do estudo morfométrica da microbacia do Córrego da Leopoldina, no município de Bauru - SP, visando à conservação dos recursos naturais. Entre seus objetivos específicos, ressalta-se a utilização de ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi Selva.

## 2 METODOLOGIA

A microbacia do Córrego Água da Leopoldina encontra-se situada no município de Bauru (SP) e é definida pelas coordenadas geográficas: latitude 22° 16' 54" a 22° 19' 15" S e longitudes 49° 11' 21" a 49° 12' 19" W Gr., com uma área de 1416,55ha.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa - Clima Mesotérmico de Inverno Seco - em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.

A carta de solos da Microbacia do Córrego Água da Leopoldina - Bauru (SP) foi extraída da Carta de Solos de Bauru (PIROLI, 2002), em escala 1:50000. E segundo o mesmo autor, os

solos ocorrentes na área foram classificados como: Latossolos Vermelho (LV), Neossolo Litólico (RL), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), Gleissolo Háptico (GX) e Nitossolo (NV).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da microbacia, as curvas de nível e drenagem tiveram como base a carta planialtimétrica em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1969), folha de Bauru (SF-22-R-IV-2), em escala 1:50000.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) IDRISI Selva foi utilizado para o processamento das informações georreferenciadas, na conversão dos dados vetoriais raster e o “software” CartaLinx para a digitalização do limite da microbacia, da rede de drenagem e das curvas de nível.

A primeira etapa consistiu no georreferenciamento da carta planialtimétrica do IBGE no qual foi realizado no IDRISI no menu Reformat/Resample onde em Input utilizou o arquivo a ser georreferenciado, sendo posteriormente efetuado recortado a área através da opção Reformat/Window. Esse foi exportado para o software CartaLinx - comando File/Image Conversions e para delimitação do limite, rede de drenagem e curvas de nível no IDRISI.

As características dimensionais da rede de drenagem, que são parâmetros quantitativos, que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização (OLIVEIRA; FERREIRA, 2001). Na determinação desses parâmetros foi seguida a metodologia citada por Oliveira e Ferreira (2001) para o cálculo do maior comprimento (C), do comprimento do curso principal (CP), do comprimento total da rede (CR), do perímetro (P) e da área (A).

Na definição da hierarquização da rede de drenagem foi seguida a metodologia proposta por HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1957). O parâmetro ordem dos canais se refere a uma classificação sobre o grau de ramificações e/ou bifurcações presentes em uma bacia hidrográfica. A classificação de ordenamento dos cursos mais utilizada é a proposta por HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1957).

Na caracterização da composição e padrão de drenagem foram analisados os seguintes parâmetros: a densidade de drenagem (Dd), a extensão do percurso superficial (Eps), a extensão média do escoamento superficial (I), a textura da topografia (Tt), o coeficiente de manutenção (Cm), a rugosidade topográfica (Rt) e o índice de forma (K) foram determinados a partir da metodologia desenvolvida por CHRISTOFOLETTI (1969), bem como, o fator de forma (Kf) foi determinado pela metodologia utilizada por Almeida (2007).

A densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou canais e a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1969), sendo expressa pela equação:  $D_h = N \cdot A^{-1}$ ,

onde Dh - Densidade hidrográfica em  $\text{km}^{-2}$ , N - Número total de rios e A - Área da bacia hidrográfica em  $\text{km}^2$ .

A magnitude dos picos de enchente e de infiltração de água, trazendo como consequência maior ou menor grau de erosão, depende da declividade média da bacia (que determina a maior ou menor velocidade de escoamento da água superficial), associada à cobertura vegetal, tipo de solo e tipo de uso da terra (ROCHA; KURTZ, 2001). A declividade média foi obtida a partir da fórmula:  $H = (D \cdot L) 100/A$ , onde: H - Declividade média em %, D - Distância entre as curvas de nível em m, L - Comprimento total das curvas de nível em m e A - Área da microbacia em  $\text{m}^2$ .

O coeficiente de rugosidade, por ser um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais, dependendo das características das atividades – agricultura, pecuária, silvicultura com reflorestamento ou preservação permanente –, é usado para definir as classes de uso da terra de uma microbacia, que são: A (menor valor de CR) – terras apropriadas à agricultura; B – terras apropriadas à pecuária; C – terras apropriadas à pecuária e reflorestamento e D (maior valor de CR) – terras apropriadas para florestas e reflorestamento (ROCHA; KURTZ, 2001), segundo a fórmula:  $CR = Dd \cdot H$ , onde: CR = coeficiente de rugosidade, Dd = densidade de drenagem e H = declividade média.

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos rios com a área da bacia, sendo obtida a partir da fórmula (SILVA et al., 2004):  $Dd = L \cdot A^{-1}$ , onde: Dd - Densidade de drenagem em  $\text{km}/\text{km}^2$ , L - Comprimento total dos rios ou canais em km e A - Área da bacia em  $\text{km}^2$ . Segundo CHRISTOFOLETTI (1969) a densidade de drenagem pode ser classificada em três classes de interpretação: baixa -  $<7,5\%$ , média – 7,5 a 10,0 e alta -  $>10$ .

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da microbacia e o perímetro de uma circunferência de um círculo de área igual da microbacia, que de acordo com VILLELA e MATTOS (1975) é um número adimensional que varia com a forma da microbacia, independentemente de seu tamanho. Se a bacia for irregular, maior será o coeficiente de compacidade e menos sujeita a enchentes, sendo:  $Kc = 1 - 1,25$  (redondas para ovaladas); 1,25 – 1,50 (ovaladas); 1,50 – 1,70 (blongas).

Na determinação do Kc utilizou-se da fórmula:  $Kc = 0,28 (P: A^{1/2})$ , onde: Kc - Coeficiente de compacidade, P - Perímetro em metros e A - Área de drenagem em  $\text{m}^2$ .

O índice de circularidade tende para a unidade 1,0 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, diminuindo à medida que a forma se torna alongada CARDOSO et al. (2006). Utilizou-se a equação:  $IC = 12,57 (A / P^2)$ , onde: IC - Índice de circularidade, A- Área de drenagem em  $\text{m}^2$  e P - Perímetro em m.

A forma de uma microbacia pode ser comparada conforme algumas figuras geométricas conhecidas. Assim, o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade compara a microbacia a um círculo e o fator de forma a compara a um retângulo. A forma da microbacia e a configuração do sistema de drenagem, estão associadas a estrutura geológica do terreno.

O fator de forma (F) pode ser determinado pela seguinte equação: onde:  $F = A/L^2$ , F - Fator de forma, A - A área de drenagem em  $m^2$ - e L - O comprimento do eixo da bacia em m.

Esse é muito importante (Villela e Mattos, 1975), pois se uma microbacia apresenta um fator de forma baixo, ela é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo valor de área, porém com fator de forma maior.

Segundo HORTON (1945), a extensão do percurso superficial (EPS), representa a distância média percorrida pelas águas pluviais  $EPS = (1/2.Dd).1000$ , onde Dd – Densidade de Drenagem. Os gradientes de canais (GC), indica a declividade dos cursos de água (FREITAS, 1952):  $GC = Alt.máx/L$ , onde: Alt.máx. – Altitude Máxima e L – Comprimento do Canal Principal.

O índice de sinuosidade, segundo FREITAS (1952), indica os formatos dos canais: valores  $< 1,0$  = canais retilíneos e valores  $> 2,0$  = canais sinuosos:  $IS = L/LV$ , onde: L = comprimento do canal principal e LV = comprimento vetorial do canal principal

A razão de relevo é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia e seu comprimento (SCHUMM, 1956). Para PIEDADE (1980), os valores para quantificação da razão de relevo é: Razão de relevo baixa - 0,00 a 0,10; média - 0,11 a 0,30 e alta - 0,31 a 0,60, onde  $Rr = Hm/L$  e Hm – Amplitude Altimétrica Máxima e L – Comprimento do canal principal. Segundo HORTON (1945 a frequência de rios pode ser calculada a partir da relação entre o número total de segmentos de rio (Nt) e a área da bacia em quilômetros quadrados (A). O resultado é expresso pelo número de segmentos por quilômetro quadrado na seguinte equação:  $F = Nt / A$ , onde: Onde: Fr – Frequência de rios; Nt - Número de rios e A - Área da bacia em  $km^2$ .

A frequência de rios, ou densidade hidrográfica, é um valor que demonstra a magnitude da rede hidrográfica, assim como a capacidade da bacia gerar novos cursos d'água, sendo determinantes as características pedológicas, geológicas e climáticas locais (FREITAS, 1952; ALVES; CASTRO, 2001).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre, considerada como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto, uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. A noção de bacia obriga, naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes (TUCCI; SILVEIRA, 2004).

A bacia hidrográfica, segundo SILVEIRA (1993) é um sistema físico cuja entrada é representada pelo volume de água precipitado e a saída o volume de água escoado, considerando-se como perda toda água que sai do sistema por evaporação, transpiração e infiltração para o lençol subterrâneo.

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. Uma bacia hidrográfica pode ser definida, ainda, como área total de drenagem na qual alimenta uma determinada rede hidrográfica, ou ainda, um espaço geográfico de sustentação dos fluxos d'água de um sistema fluvial hierarquizado. Pode ser definida também como a área fisiográfica drenada por um curso ou um sistema de cursos d'água conectados, que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água comum (BRASIL, 1987).

Sob a óptica de bacia hidrográfica, no Brasil, os cursos d'água vêm sofrendo constante e crescente contaminação em virtude da má utilização e preservação inadequada dos recursos naturais existentes ao seu redor. As águas destes cursos d'água frequentemente transportam solo, muitas vezes provenientes das áreas agrícolas outrora adubadas ou corrigidas a altos custos por agricultores, propiciando assim, a poluição das mesmas e até do lençol freático, comprometendo a sua utilização no abastecimento e irrigação (ASSAD et al., 1998).

A bacia hidrográfica apresenta características definidas, tais como área, forma, tipo de drenagem, tipos de solo e rocha, formas e extensões de relevo, variação e dimensão das classes de declividade, uso e ocupação do solo. O reconhecimento e a análise destas características são

fundamentais para o gestor ambiental e para o desenvolvimento de projetos de qualquer natureza (MONTEIRO, 2003).

### **3.2. Caracterização Morfométrica**

A análise morfométrica quando aplicada em estudos de bacias hidrográficas possibilita a realização de uma análise quantitativa e qualitativa, usando os valores de um conjunto de parâmetros para obter as características principais de uma área (CARDOSO, 2002). Vários parâmetros podem ser utilizados para subsidiar uma análise mais detalhada, dentre eles estão: a amplitude altimétrica, coeficiente de compacidade, fator forma, índice de circularidade, índice de forma (ALCANTARA e AMORIM, 2005).

Segundo ANTONELLI e THOMAZ (2007), pela análise morfométrica é possível revelar indicadores específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais, mediante o uso dos parâmetros calculados, tais como: densidade de drenagem, declividades, comprimento de cursos d'água, coeficiente de rugosidade (RN), dentre outros.

Densidade Hidrográfica é o parâmetro que relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica. Em outras palavras, expressa a magnitude da rede hidrográfica, indicando sua capacidade de gerar novos cursos d'água em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área (FREITAS, 1952). Vale ressaltar que a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem referem-se a aspectos diferentes da textura topográfica.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1969), a densidade hidrográfica é importante, pois representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água.

A declividade média é um parâmetro morfométrico muito importante no diagnóstico físico e na gestão dos recursos hídricos (MACHADO, 2010). A velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Obtendo a declividade média de uma bacia hidrográfica pode-se avaliar se a área de estudo é mais ou menos vulnerável a erosão promovida pelo escoamento hídrico superficial. Comparando bacias hidrográficas de uma mesma região, tem-se que valores mais altos de declividade média identificam bacias com maior risco de sofrerem erosão por escoamento superficial.

O coeficiente de rugosidade (RN), segundo ROCHA e KURTZ (2001), é um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais em bacias hidrográficas, determinando áreas de

conflito, quanto às suas características, para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou para preservação permanente.

O índice da densidade de drenagem é o comprimento total dos canais com a área da bacia de drenagem. Essa variável se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e o transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica. Em outras palavras, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico das rochas (HORTON, 1945).

A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial (VILELLA e MATTOS, 1975), pois uma baixa densidade de drenagem significa uma maior superfície de contribuição, fazendo com que o deflúvio demore mais para atingir os rios (GARCEZ, 1974).

Segundo STRAHLER (1957), a densidade de drenagem pode ser pensada como uma expressão da proximidade dos canais. Admite-se que a ela varie de 0,5 km/km<sup>2</sup> para bacias de drenagem pobre, a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILELLA e MATTOS, 1975). De acordo com Strahler (1957), foram feitas medições deste índice nos Estados Unidos nas mais variadas condições geológicas e climáticas. Os valores mais baixos variaram de 3 a 16 mi/mi<sup>2</sup> (1,9 a 10 km/km<sup>2</sup>) em regiões de rochas resistentes ou resistência moderada e climas mais úmidos para as densidades maiores. Os valores mais altos que chegaram a 400 mi/mi<sup>2</sup> (250 km/km<sup>2</sup>) foram encontrados em regiões áridas de argila mole.

Segundo LINSLEY et al. (1975), uma densidade de drenagem alta reflete uma bacia altamente dissecada, que responde de maneira relativamente rápida a uma determinada quantidade de chuva, enquanto uma densidade de drenagem baixa reflete uma bacia de drenagem pobre com respostas hidrológicas lentas.

O índice de circularidade representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia, que, na expansão areal, melhor se relaciona com o escoamento fluvial. Assim,  $I_c = 0,51$  representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas). Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento (SCHUMM, 1956).

O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARDOSO et al., 2006). Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o

coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um, podendo ser calculado na seguinte equação (VILLELA e MATTOS 1975 apud TEODORO, et al. 2007).

A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia (TEODORO et al., 2007). Segundo VILLELA e MATTOS (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

### **3.3. Geotecnologias**

As geotecnologias constituem o conjunto de tecnologias que nos permitem a realização de coleta de dados, processamento, além da análise da informação georreferenciadas e consequentemente favorece a tomada de decisões.

Segundo ROSA (2005), as geotecnologias se baseiam na coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global, entre outras.

O uso dessas geotecnologias nos permite fazer uma análise integrada do ambiente de forma a entender como questões relacionadas às alterações ambientais se comporta no espaço, esse é um dos pontos fortes permitindo que o ambiente seja estudado em parte e entendido como um todo (PIRES et al., 2012).

FITZ (2008) completa que as geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico.

Assim, o uso de geotecnologias, bem como a observação a campo para a classificação do uso da terra, monitoramento de bacias hidrográficas e os impactos tanto nos recursos hídricos como na vegetação nativa, tem sido muito utilizada nos últimos anos (SANTOS et al., 2000).

### **3.3.1. Sistema de Informação Geográfica (SIG)**

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um modelo matemático dinâmico construído com um banco de dados digitais, gerenciados para facilitar a atualização e a aplicação dos dados georreferenciados de infinitas camadas ou planos de informação no planejamento e na otimização de uma determinada tarefa. É empregado na integração e análise de dados provenientes de fontes dispersas, como imagens digitais de satélites, mapas digitais de usos e tipos de solo, topográficos, hidrologias, vegetação, floras e faunas, cartas climatológicas, censos socioeconômicos e outros (LIU, 2006).

Os SIGs são sistemas bastante apropriados à análise ambiental, devido às suas características relacionadas à questão da espacialização da análise. Nas últimas décadas, a análise ambiental recebeu um impulso bastante grande com o desenvolvimento dos SIGs (NOSSACK, 2012).

Câmara e Medeiros (1998) afirmam que os SIGs são programas computacionais bases do geoprocessamento, os quais permitem análises complexas integrando dados de diversas fontes e montagem de bancos de dados georreferenciados.

Ainda LIU (2006) afirmou que para o SIG alcançar seu objetivo de aplicações diversas, a construção de um banco de dados digitais georreferenciados é crucial. Os processos incluem a escolha, obtenção e armazenamento de dados, de modo padronizado, em escalas compatíveis para fornecer e facilitar aos usuários a utilização, recuperação e manipulação das várias camadas de dados para atender suas aplicações específicas. Suas principais funções são armazenar, recuperar, analisar e gerar mapas desejados em um programa computacional.

Existem diferentes abordagens interessantes de serem utilizadas na determinação de áreas prioritárias, como o emprego de modelos hidrológicos, índices de produção de sedimentos etc., mas, de qualquer forma, a exigência da explicitação da distribuição espacial das áreas a serem restauradas torna imprescindível, nessa tarefa, o uso dos SIGs, dada a sua capacidade de análise de dados de natureza espacial (VETTORAZZI, 2006).

Para EASTMAN (1998), um SIG pode ser definido como um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos; possuindo basicamente três importantes componentes segundo PIROLI et al. (2000), onde os mesmos devem apresentar compatibilidade e estarem inter-relacionados. Para que o sistema funcione satisfatoriamente os componentes básicos devem ser: Hardware, Software e um contexto organizacional apropriado (NARDINI, 2009).

Para SOUSA et al. (2007), os SIGs se inserem como alternativa aos métodos tradicionalmente utilizados como mapas topográficos, levantamentos de campo e uso de restituídores na execução de mapeamento de APPs, visto que a utilização de metodologias alicerçada na modelagem numérica do relevo e implementada em SIGs, apresenta-se apropriadas a substituição desses métodos, propiciando uma economia de tempo além de melhores resultados.

### **3.3.1.1. SIG - IDRISI**

O Sistema de Informações Geográficas IDRISI, desenvolvido e lançado em 1987, pela Clark University, Massachussets, é baseado na forma raster de representação de dados. Segundo Teixeira et al. (1992), esse sistema apresenta um aspecto importante, que é a possibilidade do usuário escrever programas específicos que possam ampliar a sua gama de aplicações.

O IDRISI é um software que reúne ferramentas nas áreas de processamento de imagens, sensoriamento remoto, SIG, geoestatística, apoio à tomada de decisão e análise de imagens geográficas, além disso, o usuário pode desenvolver programas específicos de forma a atender novas aplicações e tem o mesmo, permite a migração de dados para outros softwares (ROSA, 2005).

O sistema oferece um número razoável de possibilidades em relação às operações sobre os dados, que se destacam em, segundo SILVA (2009): medidas de distância; medidas de área; zona de influência em torno de pontos, polígonos, linhas retas e linhas curvas; zona de influência ponderada; operações aritméticas em mapas; funções trigonométricas; funções booleanas (sobre mapas e sobre atributos); conversão (vetor-raster, raster-vetor); tratamento de imagens; transformações de coordenadas; traçado de redes; tratamento de dados altimétricos; operações com polígonos, entre outros.

Para TEIXEIRA et al. (1992), a estrutura de representação de dados espaciais geométricos pode ser subdividida em raster e vetorial. A diferença básica entre as duas está no modelo de espaço adotado por cada uma delas. A estrutura vetorial considera um espaço geográfico contínuo, enquanto que a raster divide o espaço em elementos discretos, obtidos pela sua partição em uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente, formando células, chamadas pixels.

O SIG - IDRISI trabalha sobre uma base de informação geográfica e processamento de imagem. É uma coleção de sub-sistemas que agem sobre uma base de dados seguindo uma sequência operacional (CAMPOS, 2001).

Para CALIJURI et al. (1994), o uso do IDRISI, além dos aspectos de agilidade, compatibilização de informações de diferentes fontes, serve para implantar um banco de dados informatizado e atualizado, contendo a evolução de eventos no espaço e no tempo; além de permitir que o banco de dados seja permanentemente alimentado e atualizado com novas informações.

Segundo DELMANTO JUNIOR (2003), o IDRISI tem o custo relativamente baixo e estrutura modular, o que permite o seu uso para atividades de pesquisa e ensino.

Para MENDONÇA (1996), o sistema IDRISI, no seu módulo resample, demonstrou prover eficazmente o refinamento geométrico de imagens fotográficas. Requerendo para tanto, a definição de um conjunto de pontos de controle com coordenadas de carta e imagem bem identificadas. Sua funcionalidade é realçada por sua compatibilidade com sistemas baseados em microcomputadores.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos resultados obtidos para a microbacia do Ribeirão Água da Leopoldina (Tabela 1) mostra que a área é de 14,36ha, o perímetro de 16,13km e o fluxo de água se dá na direção N-S da microbacia, com um comprimento de 5km. O comprimento total da rede de drenagem é de 12,57km, demonstra que a microbacia apresenta-se com poucos canais de drenagem.

O coeficiente de compacidade maior do que 1 (1,19) e o fator de forma baixo (0,44) permitiram afirmar que a microbacia, em condições normais de precipitação, é pouco susceptível a enchentes. Portanto, os resultados mostram que a microbacia não possui formato circular, tendendo para a forma alongada, elíptica e apresenta menor risco de enchentes sazonais, bem como o valor do índice de circularidade de (0,69) permitiu confirmar também que a microbacia não possui forma próxima a circular, isto é, apresenta forma alongada e com tendência mediana a enchentes

Os baixos valores de Dd (0,88) e da razão de relevo (0,26), provavelmente, estão associados à presença de rochas permeáveis (Tonello et al., 2006), pois facilita a infiltração da água no solo diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e degradação ambiental, pois quanto maiores esses valores mais intensos é o processo de erosividade do solo (Rodrigues et al., 2008).

A densidade de drenagem de 0,88 km/km<sup>2</sup>, segundo Christofolletti (1969) é baixa, pois o valor é menor que 7,5km/km<sup>2</sup>.

A sinuosidade (0,09) é um dos fatores controladores da velocidade de escoamento do canal, pois quanto mais próximo da unidade, demonstra que o rio segue exatamente a linha do talvegue, ou seja, apresenta-se com baixo grau de sinuosidade.

O valor da extensão do percurso superficial e do coeficiente de manutenção confirma a presença de solos permeáveis na microbacia.

A declividade média na microbacia de (11,46) permitiu classificá-la segundo Chiarini e Donzelli (1973) como plano ondulado, sendo apropriada para o uso de pastagens, culturas anuais, podendo ser também exploradas com culturas perenes, que protegem o solo (café, laranja, cana-de-açúcar, leguminosas como forma de adubação verde, etc.).

Por possuir pouca declividade, a bacia apresenta 82,3 Km de curvas de nível (Cn) ou seja, por ser mais plano não são necessárias tantas curvas de nível, sendo Cn um reflexo da declividade.

Tabela 1 - Características morfométricas da microbacia Ribeirão Água da Leopoldina, Bauru/SP.

<b>Características físicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>Parâmetros dimensionais da microbacia</b>		
Área (A)	Km <sup>2</sup>	14,36
Perímetro (P)	Km	16,13
Comprimento do Rio Principal (C)	Km	5,00
Comprimento da rede de drenagem total (Cr)	Km	12,58
Comprimento axial	Km	5,7
Comprimento das curvas de nível (Cn)	Km	82,3
<b>Características do relevo</b>		
Coeficiente de compacidade (Kc)	---	1,19
Fator forma (Ff)	---	0,44
Índice de circularidade (Ic)	---	0,69
Declividade média (D)	%	11,46
Altitude média (Hm)	M	533,5
Maior altitude (MA)	M	607
Menor altitude (mA)	M	460
Amplitude altimétrica (H)	M	147
Coeficiente de Rugosidade (CR)	---	0,08
<b>Cont.</b>		

		<b>Cont.</b>
<b>Padrões de drenagem da microbacia</b>		
Ordem da microbacia (W)	---	2a
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km <sup>2</sup> )	0,88
Coefficiente de Manutenção (Cm)	(m/m <sup>2</sup> )	1136,36
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	440
Gradiente de Canais (Gc)	%	12
Índice de Sinuosidade (Is)	-	0,09
Frequencia de Rios (Fr)	-	1,53
Razão de Relevo	Km/km	0,26
Coefficiente de Manutenção	Km/Km <sup>2</sup>	1136,36

Coefficiente de rugosidade, é um índice utilizado para diagnosticar as probabilidades de ocorrer erosões, constatou que a bacia apresenta um RN de (0,08), permitindo classificar a bacia hidrográfica do Ribeirão Água da Lepoldina com vocação para o uso por agricultura (Classe A), segundo Deamo (2009) e Rocha (1997), pelo fato de a área possuir um relevo plano e solos férteis, podendo ser mecanizada, e comprovando assim, o uso do solo pela agricultura.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados permitiram concluir que as variáveis morfométricas auxiliam para futuros planejamentos e gestões ambientais regionais. No estudo da morfometria da bacia, permitiu-se concluir que a área não apresenta riscos de susceptibilidade à erosão devido a sua forma mais ovalada, que permite uma menor velocidade de escoamento. A velocidade do escoamento da água acaba sendo reduzida, devido ao relevo plano que a área apresenta e aos bons solos que a compõem, o que aumenta a drenagem da água. O fator de forma e a densidade de drenagem, classificado como baixo, permitindo inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento da água. O Sistema de Informações Geográficas Idrisi foi uma excelente ferramenta para a viabilização do monitoramento e gestão dos recursos hídricos da microbacia. O coeficiente de rugosidade permitiu classificá-la para vocação com uso por Agricultura (Classe A), pois altos valores mostram que estas têm maiores chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e proteção com cobertura vegetal.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. Q. de. 2007. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) Espírito Santo – Brasil Julho –2007 Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Ambiental – Centro Tecnológico - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2007.
- ARRAES, C. L.; et al. **Morfometria dos compartimentos hidrológicos do Município de Jaboticabal, SP**. Unopar., Londrina, v.9, n.1, p.27-32, 2010.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Rev. Árvore** [online]. 2006, vol.30, n.2, p. 241-248. ISSN 0100-6762.
- CARVALHO, W. A. **Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara - município de Botucatu, SP**. Botucatu, (Tese de Livre-Docência) - FCA/UNESP, 1981. 193f.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v.9, n.18, p.35-64, 1969.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows - Manual do usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240 p.
- FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, v. 11, p.53-57, 1952.
- GARCIA, Y. M. **Aplicação do Código Florestal como Subsídio para o Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego do Palmitalzinho - Regente Feijó - SP**. Trabalho de conclusão (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. In.: **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica**. Serviço gráfico do IBGE, 1969. Escala 1:50.000.
- LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.
- MOREIRA, L., RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia – Botucatu (SP). **Eletr. Eng. Florestal**. Garça, v.16, n.1, p.9-21, 2010.

OLIVEIRA, A.; FERREIRA, E. 2001. **Caracterização de sub-bacias hidrográficas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 64p. Textos Acadêmicos. Curso de pós-graduação Revista Brasileira de Geografia Física 03, 112-122.

PELEGRIN, L. A. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao mapeamento do uso do solo**: 2001. 109p. Dissertação (Mestrado em Análise Espacial) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2001.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. Botucatu, (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980. 161f.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 108 p. (UNESP). Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2002.

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2001. 282 p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n.3, p. 310-322, 2008.

SCHUMM, S. A. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. In.: **Geological Society of America Bulletin**. v. 74, n. 9, p. 1089-1100, 1956.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; BARBOSA, C.P. 2004. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa. 141p.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. **Am. Geophys.** Union, New Haven, v.38, p.913920, 1957.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.