

## **GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DESCALVADO – BOTUCATU, SP**

**SÉRGIO CAMPOS<sup>1</sup>; ANDREA CARDADOR FELIPE<sup>1</sup> E MARCELO CAMPOS<sup>2</sup>,  
ALINE MINARELLI RECHE<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA - UNESP - Botucatu - São Paulo - Brasil. E-mail: [seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Biossistemas, UNESP - Tupã - São Paulo - Brasil. E-mail: [marcelocampos@tupa.unesp.br](mailto:marcelocampos@tupa.unesp.br)

### **1 RESUMO**

Esse trabalho objetivou a aplicação de geoprocessamento na caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Descalvado – Botucatu (SP) através do Sistema de Informação Geográfica – Selva, visando a preservação, racionalização do seu uso e recuperação ambiental. A microbacia apresenta uma área de 2228,61ha e está localizada entre os paralelos 22° 50' 05" a 22° 54' 26" de latitude S e 48° 22' 29" a 48° 26' 36" de longitude W Gr. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Botucatu (SP), em escala 1:50000 (IBGE, 1969) na extração das curvas de nível, da hidrografia e da topografia, para determinação dos índices morfométricos. Os resultados mostram que os baixos valores da densidade de drenagem, associados à presença de rochas permeáveis, facilitam a infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e da degradação ambiental, bem como o baixo valor do fator de forma amparado pelo índice de circularidade indicam que a microbacia é mais alongada e com menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas. O parâmetro ambiental de coeficiente de rugosidade permitiu classificar a microbacia para vocação com floresta e reflorestamento.

**Palavras-chave:** morfometria, hidrografia e SIG

**CAMPOS, S.; FELIPE, A.C.; CAMPOS, M.; RECHE, A.M.  
GEOPROCESSING APPLIED TO MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF  
THE STREAM DESCALVADO WATERSHED - BOTUCATU, SP**

### **2 ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate geoprocessing to morphometrically characterize the Ribeirão Descalvado micro watershed – Botucatu, SP by the Geographic Information System (GIS) – Selva for preservation, rationalization of its use and environmental restoration. The micro watershed is 2,228.61 ha between the geographic coordinates: 22° 50' 05" to 22° 54' 26" latitude S and 48° 22' 29" to 48° 26' 36" longitude W Gr. The cartographic basis was the planialtimetric chart of Botucatu (SP), 1: 50000 scale (IBGE, 1969), used for extraction of level, hydrography and topography curves to determine morphometric indices. The results showed that low values of drainage density associated with the presence of permeable rocks facilitates ground water infiltration which decreases surface runoff, erosion risks and environmental degradation. The low value of the shape factor supported by the circularity index

shows that the micro watershed is more elongated and at lower risk of more pronounced floods. The roughness coefficient environmental parameter classified the micro watershed for forest and reforestation.

**Keywords:** Morphometry, hydrography and GIS

### 3 INTRODUÇÃO

O uso adequado dos recursos naturais exige estudos aprofundados para que sejam compreendidos os possíveis impactos provocados pela ação antrópica (QUEIRÓZ, 2008). A caracterização fisiográfica da microbacia do Ribeirão Descalvado – Botucatu (SP) é essencial para a elaboração e implementação de futuros projetos agroambientais regionais que poderão auxiliar na compreensão do escoamento superficial da microbacia.

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, PISSARRA e CAMPOS, 2008).

O conhecimento dessas características físicas permite a 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. (FONTES et al., 2008; CARDOSO, DIAS e BOECHAT, 2006).

A morfometria é fundamental no diagnóstico de susceptibilidade à degradação ambiental, delimitação da zona ripária, planejamento e manejo de microbacias (MOREIRA; RODRIGUES, 2010), pois a sua caracterização permite descrever a formação geomorfológica da paisagem em sua variação topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980), bem como possui um papel significativo no condicionamento de respostas ligadas à erosão hídrica, gerado após eventos pluviométricos relevantes (ARRAES et al., 2010).

O monitoramento contínuo dos recursos hídricos é um instrumento essencial para melhor avaliar os fenômenos hidrológicos críticos, envolvendo tanto as secas quanto inundações. Com a adequada avaliação dos recursos hídricos utilizando o monitoramento dos dados relativos a uma microbacia por exemplo, pode-se propor uma adequação da ocupação do solo em relação ao seu potencial e de suas limitações, tornando possível um manejo racional e equilibrado com a natureza, conquistando assim a sustentabilidade.

A implantação de uma política agrícola adequada e séria necessita de embasamento técnico e científico, com informações confiáveis e atualizadas sobre o grau de uso e utilização das terras e sobremaneira com o intuito de racionalizar e viabilizar o planejamento agrícola de determinada região, face à grande extensão territorial do país e à diversidade de uso, relevo, clima e tipos de solos encontrados nas diversas regiões.

A possibilidade de obtenção de dados georreferenciados, obtidos por sensoriamento remoto e a sobreposição de mapas, viabiliza sua elaboração com certa rapidez, permitindo um exame amplo do conjunto de variáveis que são usualmente consideradas nos planejamentos de manejo do solo.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizam uma base de dados computadorizada que contém informação espacial (aspectos do meio natural como relevo, solo, clima, vegetação, hidrologia, etc., e os aspectos sociais, econômicos e políticos, que permitem uma divisão temática em subsistemas que integram um SIG, sendo esses componentes os atributos), sobre a qual atua uma série de operadores espaciais, conjunto de operações

algébricas, booleanas e geométricas, utilizadas no cruzamento de dados pelo SIG). Verifica-se que a principal característica dos SIGs é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Podem-se estudar outros aspectos mais complexos, como a vizinhança e contigüidade envolvendo áreas extensas (TEIXEIRA, MORETTI, CHRISTOFOLETTI, 1992).

Nesse sentido, é possível avaliar o comprimento da rede de drenagem e suas relações com a área de microbacias e associar esses valores a problemas de enchentes e erosões ao longo do curso d'água (TORRES et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Descalvado – Botucatu (SP) em ambiente do Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva, visando o planejamento e o manejo integrado dos recursos hídricos da área.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

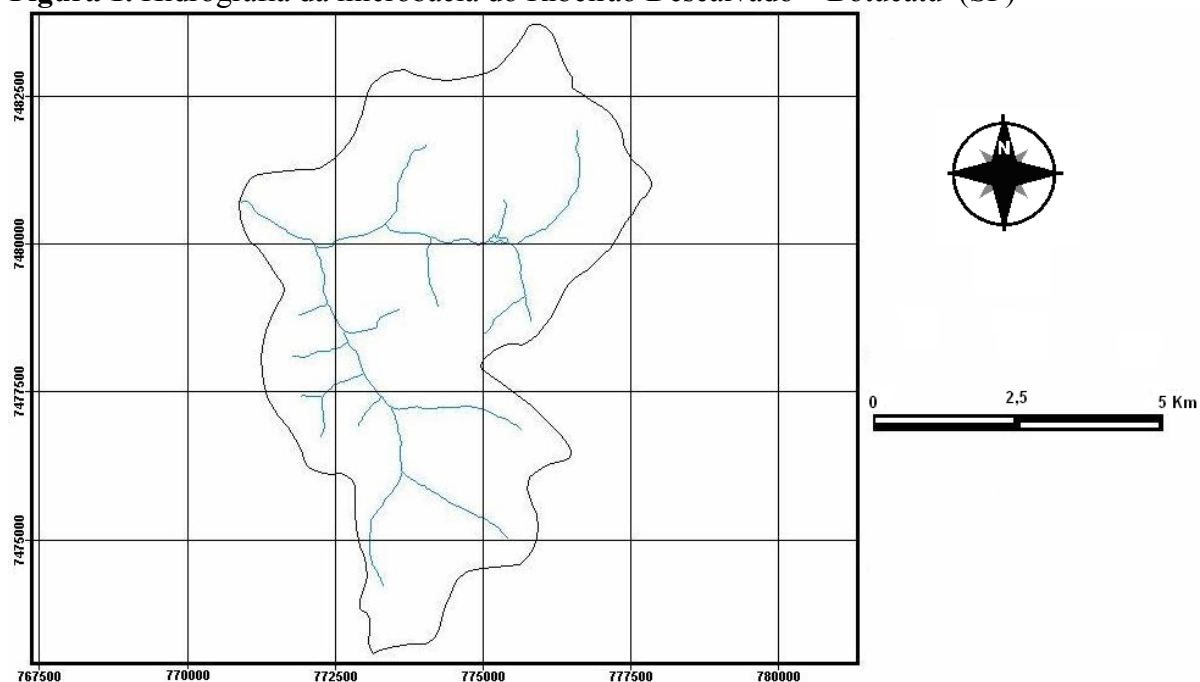
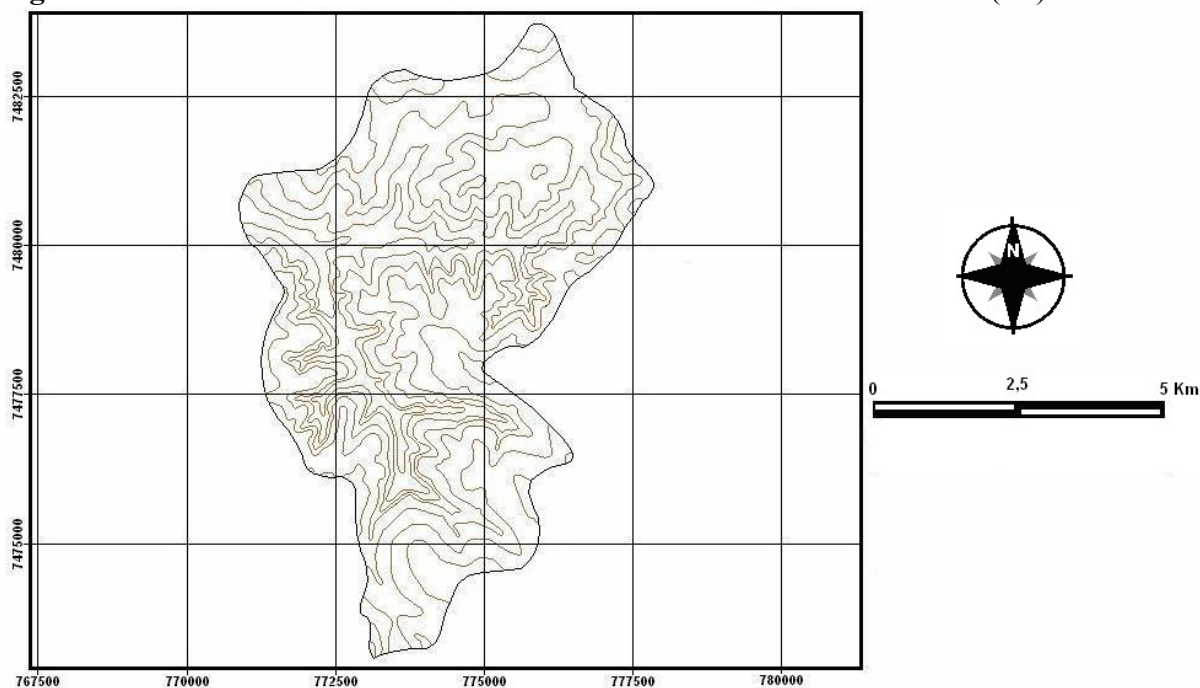
A microbacia do Ribeirão Descalvado localiza-se na porção norte do município de Botucatu-SP, entre as coordenadas geográficas 48° 22' 29" a 48° 26' 36" de longitude WGr. e 22° 50' 05" a 22° 54' 26" de latitude S, com uma área de 2.228,61ha. O ribeirão é um afluente do rio Capivara, que forma uma sub-bacia do rio Tietê, o mais importante rio do Estado de São Paulo.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima subtropical úmido com invernos secos e verões quentes – em que a temperatura do mês mais frio é inferior à 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.

Na caracterização morfométrica da área foi utilizada a carta planialtimétrica do IBGE (1969), em escala 1:50.000, folha Botucatu-SF-22-R-IV-3, com curvas de nível de 20 em 20 metros, para extração da rede de drenagem (Figura 1) e da planialtimetria (Figura 2). As fotografias aéreas coloridas de Botucatu - SP de 2000, em escala nominal aproximada 1:30000 foram utilizadas para atualização da rede de drenagem e o curvímetro digital, modelo MR 380, para avaliação da rede drenagem.

O Software Idrisi Selva foi utilizado para vetorização das curvas de nível, do divisor de águas, da rede de drenagem, bem como para elaboração da análise morfométrica e hierarquia dos canais (STRAHLER, 1952).

Após a delimitação da área da bacia obteve-se 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) obtidas através do SIG.

**Figura 1.** Hidrografia da microbacia do Ribeirão Descalvado – Botucatu (SP)**Figura 2.** Planialtimetria da microbacia do Ribeirão Descalvado – Botucatu (SP)

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.

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). Esses parâmetros foram determinados a partir da metodologia desenvolvida por Christofolletti (1969), bem como, o fator de forma (Kf) que foi determinado pela metodologia utilizada por Almeida (2007).

### Densidade hidrográfica (Dh)

A densidade hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou canais e a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLLETTI, 1969), sendo expressa pela equação:

$$Dh = N \cdot A^{-1}$$

Onde:

- Dh - Densidade hidrográfica em km<sup>-2</sup>
- N - Número total de rios
- A - Área da bacia hidrográfica em km<sup>2</sup>

### Declividade média

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; SILVA, 2001). A declividade média foi obtida a partir da fórmula abaixo e classificada segundo LEPSCH et al., 1991 (Tabela 1):

$$H = (D \cdot L) 100/A$$

Onde:

- H - Declividade média em %
- D - Distância entre as curvas de nível em m
- L - Comprimento total das curvas de nível em m
- A - Área da microbacia em m<sup>2</sup>

**Tabela 1.** Classes de declividade e relevo (LEPSCH et al., 1991).

Classes de Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 6	Suave ondulado
6 – 12	Ondulado
12 – 20	Forte ondulado
20 – 40	Montanhoso
➤ 40	Escarpado

### Coefficiente de rugosidade (CR)

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, foi usado para definir as classes de uso da terra das cinco microbacias hidrográficas da bacia do ribeirão Descalvado, 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 e SILVA, 2001).

O coeficiente de rugosidade foi obtido a partir da fórmula abaixo:

$$CR = Dd \cdot H$$

Onde:

CR - Coeficiente de Rugosidade  
Dd - Densidade de drenagem  
H - Declividade média

Para caracterização do uso potencial da terra de cada microbacia, as classes A, B, C e D foram obtidas através do cálculo da amplitude, que é a diferença entre o maior e o menor valor de CR encontrada para as bacias de terceira ordem de ramificação e o intervalo de domínio – amplitude dividida por 4 definido pelo número de classes preconizadas pelo método de Sico Smith (ROCHA; SILVA, 2001).

### Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem é a correlação do comprimento total dos rios com a área da bacia, sendo obtida a partir da fórmula (SILVA, SCHULZ e BARBOSA, 2004):

$$Dd = L \cdot A^{-1}$$

Onde:

Dd - Densidade de drenagem em km/km<sup>2</sup>  
L - Comprimento total dos rios ou canais em km  
A - Área da bacia em km<sup>2</sup>

Segundo Christofolletti (1969) a densidade de drenagem pode ser classificada em três classes de interpretação (Tabela 2)

**Tabela 2.** Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Classes de valores (km <sup>2</sup> )	Densidade de drenagem
< 7,5	Baixa
7,5 a 10,0	Média
> 10,0	Alta

### Coeficiente de Compacidade (Kc)

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 à enchentes, sendo:  $K_c = 1 - 1,25$  (redondas para ovaladas);  $1,25 - 1,50$  (ovaladas) e  $1,50 - 1,70$  (oblongas).

Na determinação do  $K_c$  utilizou-se da fórmula:

$$K_c = 0,28 (P : A^{1/2})$$

Onde:  $K_c$  - Coeficiente de compacidade  
 $P$  - Perímetro em metros  
 $A$  - Área de drenagem em  $m^2$

### Índice de circularidade

O índice de circularidade tende para a unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular, diminuindo à medida que a forma torna-se alongada (CARDOSO, DIAS e BOECHAT, 2006). Utilizou-se a equação:

$$IC = 12,57 (A / P^2).$$

Onde:  $IC$  - Índice de circularidade  
 $A$  - Área de drenagem em  $m^2$   
 $P$  - Perímetro em m

### Fator de forma (Ff)

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

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

O fator de forma (F) pode ser determinado pela seguinte equação:

$$F = A/L^2$$

Onde:  $F$  - Fator de forma  
 $A$  - A área de drenagem em  $m^2$   
 $L$  - O comprimento do eixo da bacia em m

### Índice de sinuosidade (Is)

O índice de sinuosidade representa a relação existente entre o comprimento do canal principal ( $L$ ) e a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal ( $dv$ ), ou seja relaciona o comprimento verdadeiro do canal (Projeção ortogonal) e com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal (SCHUMM, 1963). Valores próximos de 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo, enquanto que valores

superiores a 2 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. A sinuosidade dos é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica e pela declividade dos canais. O índice de circularidade foi determinado pela equação:

$$I_s = L/dv$$

Onde:

$I_s$  - Índice de sinuosidade;

$L$  - Comprimento do canal principal em km

$dv$  - Distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal em km

### **Razão de Relevo**

A razão de relevo é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia e seu comprimento (SCHUMM, 1956).

Para CARVALHO (1981), a Razão de Relevo demonstra que, quanto maiores os valores, mais acidentado será o relevo na região. Quanto maior a razão de relevo, maior será a declividade geral da bacia, portanto maior será a velocidade da água a escoar no sentido de seu maior comprimento. Piedade (1980) utilizou os seguintes valores para quantificar a razão de relevo: Razão de relevo baixa - 0,00 a 0,10; média - 0,11 a 0,30 e alta - 0,31 a 0,60.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos resultados obtidos para a microbacia do Ribeirão Descalvado (Figuras 1 e 2 e Quadro 3) mostra que a área é de 2.228,61ha, o perímetro de 22,94km e o fluxo de água se dá na direção SW-NE da microbacia, com um comprimento de 10,02km. O comprimento total da rede de drenagem é de 33,53km, demonstrando que a microbacia apresenta-se com poucos canais de drenagem.

A forma é um parâmetro importante na determinação do tempo de concentração, que é o tempo necessário para que toda a microbacia contribua na saída da água após uma precipitação, pois quanto maior o tempo de concentração menor será a vazão máxima de enchentes. O baixo valor do fator de forma obtido para o Ribeirão Descalvado indica que a microbacia tem o formato mais alongado.

A área de uma microbacia é de extrema importância pela sua influência na quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo atuam sobre a taxa e o regime. A microbacia na produção de água e na taxa de sedimentação.

O coeficiente de compactidade maior do que 1 (1,36) e o fator de forma baixo (0,22) permitiram verificar que a microbacia, em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidades anormais, é pouco susceptível a enchentes. Portanto, os resultados desses parâmetros mostram que a microbacia não possui formato circular, tendendo para a forma alongada, elíptica (SANTOS, 2001; ROCHA; SILVA, 2001) e apresenta menor risco de enchentes sazonais. O valor do índice de circularidade de 0,53 permitiu confirmar também que a microbacia não possui forma próxima à circular, isto é, apresenta forma alongada.



**Tabela 3.** Características morfométricas da microbacia Ribeirão Descalvado, Botucatu-SP.

<b>Características físicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
<b>Parâmetros dimensionais da microbacia</b>		
Área (A)	Km <sup>2</sup>	22,2861
Perímetro (P)	km	22,94
Comprimento do Rio Principal (C)	km	10,02
Comprimento da rede de drenagem total (Cr)	km	33,53
Comprimento das curvas de nível (Cn)	km	202,32
<b>Características do relevo</b>		
Coefficiente de compacidade (Kc)	---	1,36
Fator forma (Ff)	---	0,22
Índice de circularidade (Ic)	---	0,53
Declividade média (D)	%	18,16
Altitude média (Hm)	M	746,00
Maior altitude (MA)	M	884,00
Menor altitude (mA)	M	508,00
Amplitude altimétrica (H)	M	376,00
Coefficiente de Rugosidade (CR)	---	0,27331
<b>Padrões de drenagem da microbacia</b>		
Ordem da microbacia (W)	---	4 <sup>a</sup>
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km <sup>2</sup> )	1,51
Coefficiente de Manutenção (Cm)	(m/m <sup>2</sup> )	0,93
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	M	330
Gradiente de Canais (Gc)	%	9,80
Índice de Sinuosidade (Is)	-	1,63
Frequencia de Rios (Fr)	-	1,51
Densidade Hidrográfica	(km/km <sup>2</sup> )	1,89

Os baixos valores de Dd, Fr e Razão, provavelmente, estão associados à presença de rochas permeáveis (TONELLO et al., 2006), por facilitar a infiltração da água no solo diminuindo o escoamento superficial e o risco de erosão e degradação ambiental, pois quanto maiores esses valores mais intenso é o processo de erosividade do solo (RODRIGUES, PISSARRA e CAMPOS, 2008).

As características da rede de drenagem da microbacia mostram que a densidade de drenagem foi de 1,51km/km<sup>2</sup> e a densidade hidrográfica de 1,89km/km<sup>2</sup>. Christofolletti (1969) afirma que a densidade de drenagem da microbacia é baixa, pois o valor é menor que 7,5km/km<sup>2</sup>, enquanto que para Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5km/km<sup>2</sup>, em microbacias com drenagem pobre e 3,5km/km<sup>2</sup> ou mais, em microbacias excepcionalmente bem drenada. Isso indica que a microbacia do Ribeirão Descalvado apresenta baixa drenagem, o que indica que esses valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

A sinuosidade 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 (SILVA et al., 2009).

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

A classificação e o mapeamento da declividade do terreno são elementos indispensáveis nos levantamentos de uso da terra, constituindo-se num elemento de suma importância no condicionamento de sua potencialidade de utilização, segundo Marques (1971).

Para Silva e Piedade (1993), o conhecimento e a representação detalhada do relevo de uma área constituem-se em elementos indispensáveis ao planejamento das atividades agropastoris, à elaboração de projetos de engenharia, ao levantamento e conservação de solos, aos estudos hidrológicos, etc.

Segundo Mota (1981), a declividade do terreno contribui para o escoamento das águas das chuvas sendo que, quanto maior for o trecho em declive, maior será a possibilidade de erosão, concordando com Amaral e Audi (1972) que afirmam que o relevo é considerado um dos mais importantes critérios de fotopedologia. Juntando-se a fatores climáticos e pedológicos, o relevo comanda a capacidade de infiltração, além de determinar o tipo de escoamento superficial.

O conhecimento da declividade de um solo pode ser obtido de diversas maneiras, em campo e em laboratório, para estudos geológicos, hidrológicos, pedológicos, etc. A declividade pode ser obtida a partir de fotografias aéreas verticais para fins de estudos geológicos (AVERY, 1962) e a partir de cartas planialtimétricas (COELHO, 1973).

Para Politano (1978), o relevo apresenta relações diretas com as condições de profundidade do perfil, susceptibilidade à erosão, drenagem, etc.

Marchetti e Garcia (1978), estudando o relevo para obtenção de informações sobre o uso do solo concluíram que a declividade é um dos elementos mais importantes no estudo de relevo, sendo as cartas planialtimétricas materiais básicos para esse fim. O mau uso da terra reflete-se na situação da pobreza regional, que gera danos que são agravados por causa do relevo acidentado, empobrecimento contínuo por erosão dos solos pouco protegidos, e o assoreamento dos rios e reservatórios d'águas (MELLO FILHO; ROCHA, 1994). Esses mesmos autores constataram nesse estudo sobre o diagnóstico físico conservacionista da sub-bacia hidrográfica do rio Sesmaria, em Resende-RJ, que algumas microbacias estudadas apresentaram menos de 5% de cobertura florestal, mesmo com declividades muito acentuadas.

O grau de erosão dos solos é função da declividade média, que determina maior ou menor velocidade de escoamento da água pluvial sobre a superfície, associada à cobertura vegetal, ao tipo de solo e tipo de uso da terra, obtida para cada bacia (ROCHA, 1991) e que segundo a variação na declive pode implicar em variações do tipo de solo (AVERBECK; SANTOS, 1989),

A declividade média na microbacia do ribeirão Descalvado - Botucatu (SP), da ordem de 18,16 permitiu classificar o relevo como forte ondulado (CHIARINI; DONZELI, 1973), sendo impróprio para o cultivo de culturas anuais e indicado para a o uso de pastagens em eventual rotação com culturas anuais e podendo ser exploradas com culturas permanentes que protegem o solo (café, laranja, cana-de-açúcar, leguminosas como forma de adubação verde, etc.), que por serem terras sujeitas à erosão e a prática da conservação do solo é imprescindível (LEPSCH et al., 1991). Portanto, atividades agrícolas em áreas impróprias e de forma inadequada deve ser considerada como uma prática de risco, pois se as práticas conservacionistas não forem utilizadas as bacias sofrerão grandes perdas de solos por erosão.

Para Moreira e Rodrigues (2010), quanto mais alta a declividade, maior a relação direta com os processos erosivos devido à maior velocidade de escoamento superficial e menor infiltração das águas das chuvas, propiciando alteração na regulação do sistema hidrológico e produção de água na microbacia.

O coeficiente de rugosidade por ser um parâmetro que direciona o uso potencial da terra com relação às suas aptidões para agricultura, pecuária ou reflorestamento (ROCHA, 1991), mostra também a realidade de uma microbacia. Oferece uma contribuição simples, rápida e precisa ao planejamento, para melhor e mais justa exploração econômica, em função da vocação de suas terras (PEREIRA FILHO, 1986), pois existe uma alta correlação entre o coeficiente de rugosidade e a capacidade de uso da terra, ao nível de 0,5% de erro.

O coeficiente de rugosidade é utilizado para diagnosticar probabilidades e propensão às erosões. Desta forma, coeficiente de rugosidade de 0,27331 permitiu classificar a microbacia do Ribeirão Descalvado para vocação com uso por florestas e reflorestamento (**Classe D**), segundo Rocha (1991). Os altos valores do coeficiente de rugosidade mostram que estas têm maiores chances de sofrer os efeitos da erosão, necessitando de medidas para prevenção e maior taxa de áreas cobertas pela vegetação.

## 6 CONCLUSÕES

A morfometria da microbacia do Ribeirão Descalvado permitiu concluir que as variáveis morfométricas servirão para futuros planejamentos e gestões ambientais regionais. A microbacia apresenta altos riscos de susceptibilidade à erosão e degradação ambiental, sendo fundamental a manutenção da cobertura vegetal e as zonas ripárias para conservação dos serviços ambientais. O fator de forma e a densidade de drenagem, classificado como baixo, permitem inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento da água. O Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva foi uma excelente ferramenta para a viabilização do monitoramento e gestão dos recursos hídricos da microbacia. Já, o coeficiente de rugosidade permitiu classificar a microbacia do Ribeirão Descalvado para vocação com uso por florestas e reflorestamento (**Classe D**), 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.

## 7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q. de. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES.** 2007 – 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

AMARAL, A. Z.; AUDI, R. Fotopedologia. In: MONIZ, A. C. (Coord.) **Elementos de fotopedologia.** São Paulo: Polígono, EDUSP, 1972. Cap.35, p. 429-442.

ARRAES, c.l. ET AL. Morfometria dos compartimentos hidrológicos do Município de Jaboticabal, SP. **Unopar**, Londrina, v.9, n.1, p.27-32, 2010.

AVERBECK, H.; SANTOS, R. D. **Manual de fotointerpretação para solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1989. 33 p.

EVERY, E.T. **Interpretation of aerial photographs.** 2. ed. Arizona: Barvass, 1962. 321 p.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; BOECHAT, C. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CARVALHO, W. A. **Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara - município de Botucatu, SP**. 193 f. Tese (Livre-Docência)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1981.

CHIARINI, J. J.; DONZELLI, P. L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 3, p.1-29, 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfologia**, Campinas, v. 9, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.  
COELHO, A. G. de S. Obtenção de dados quantitativos com o emprego de fotografias aéreas verticais. **Aerofotogrametria**, São Paulo, v. 19, p. 1-31, 1973.

FONTES, M. P.; OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, D. E.; CONCEIÇÃO, J. A.; PINTO, L. A.; LISBOA, V. A. C.; MELLO JÚNIOR, A. V. Análise comparativa das características de duas sub-bacias de Sergipe com uso de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 5, 2008, Aracajú. **Anais...** Aracajú: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. p. 3947.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas do Brasil**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu – SP, 1969.

LEPSCH, J. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175 p.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1978.

MARQUES, J. Q. A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra**. Rio de Janeiro: Escritório Técnico de Agricultura Brasil - Estados Unidos, 1971. 433 p.

MELLO FILHO, J. A.; ROCHA, J. S. M. da. Planejamento do uso da terra da sub-bacia hidrográfica do Rio Sesmaria, em Resende, RJ. **Ensino de Pesquisa: Geografia**, Santa Maria - RS, n.6/7, p. 93-108, 1994.

MOREIRA, L.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica da microbacia da Fazenda Edgárdia - Botucatu (SP). **Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, v. 16, n. 1, p. 9-21, 2010.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981. 242 p.

OLIVEIRA, A.; FERREIRA, E. **Caracterização de sub-bacias hidrográficas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 64p. 2001.

PEREIRA FILHO, W. **Capacidade de uso da terra em função do coeficiente de rugosidade**. 1986. 48 f. Monografia (grau e curso)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1986.

PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161 f. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1980.

POLITANO, W. **Estudos básicos de aerofotogrametria e fotointerpretação no curso de Agronomia**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1978. 57 f.

QUEIROZ, H. A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP**. 61f.2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007

ROCHA, J. S. M.; SILVA, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM, 2001. 302 p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Edições UFSM, 1991. 181 p.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. 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. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 67, p. 597-646, 1956.

SCHUMM, S. A. A tentative classification of alluvial river channels. **U. S. Geological Survey Circular**, Washington, n. 477, p.1-10, 1963.

ROCHA, J. S. M. da.; SILVA, Kurtz, S.M. de J.M.. 2001. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**, 4. ed. Santa Maria: Edições UFSM/CCR, 2001. 302 p.

SANTOS, A. R. dos. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG**. 141 f. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, MG, Viçosa, 2001.

- QUEIRÓZ, H. A. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP.** 61f. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; BARBOSA, C. P. 2004. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Rima. 141 p.
- SILVA, M. C.; COSTA, C. D. O.; CAPPI, N.; GENTIL, R. H. P. Morfometria da microbacia do córrego fundo no Município de Aquidauana, MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009. p. 290-295.
- SILVA, M. S.; PIEDADE, G. C. R. Análise do relevo de uma bacia hidrográfica através da curva de distribuição percentual da superfície em função das suas declividades parciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBEA, 1993. p. 362-373.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 63, p. 1117 -1142. 1952.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, New Haven, v. 38, p. 913-920, 1957.
- TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica.** Rio Claro: Edição do Autor, 1992. 80 p.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de.; RIBEIRO, C. A. A.S. R.; LEITE, F. P. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- TORRES, J. L. R.; SILVA, T. R.; OLIVEIRA, F. G.; ARAÚJO, G. S.; FABIAN, A. Diagnóstico socioeconômico, ambiental e avaliação das características morfométricas da microbacia do Córrego Alegria em Uberaba – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia – MG. v. 19, p. 89-102, 2007.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.