



ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DAS ARARAS – SP

RODRIGUES, Valdemir Antonio¹; CARDOSO, Lincoln Gehring¹;
POLLO, Ronaldo Alberto²; RÉ, Danilo Scorzoni²;
PAISSARRA, Teresa Cristina³; JUNIOR, Renato Farias do Valle⁴

RESUMO – (ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRA DAS ARARAS – SP). O presente estudo teve como objetivos analisar a morfometria da microbacia do Ribeirão das Araras e, avaliar as classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade. A microbacia localiza-se no Município de Araras, São Paulo, Brasil, entre as coordenadas geográficas 47°22'11" a 47°28'08" de longitude W Gr. e 22°17'06" a 22°21'34" de latitude S. Os parâmetros morfométricos foram obtidos a partir da carta planialtimétrica editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala 1:50.000, folha de Araras, SF-23-M-II-3, digitalizada e georreferenciada utilizando o software ArcGIS 9.2. Os resultados do coeficiente de rugosidade de 7,2 enquadram a microbacia na classe A, com terras propícias para agricultura. Mediante altas precipitações o fator de forma e o índice de circularidade indicam uma mediana tendência ao escoamento. Entretanto, as baixas declividades e densidade de drenagem permitem inferir que a microbacia apresenta uma boa relação infiltração deflúvio.

Palavras-chave: microbacia, morfometria, rugosidade, solo, declividade.

ABSTRACT – (MORPHOMETRY THE WATERSHED OF THE RIBEIRÃO ARARAS - SP). The objectives were to analyze the morphometry characteristics and to evaluate the landuse classes, according to the roughness coefficient, of the ribeirão Araras. The watershed is located in Araras, São Paulo, Brazil, between the geographical coordinates: longitude 47 ° 22' 11" and 47 ° 28' 08" W Gr.; latitude 22 ° 17' 06" and 22 ° 21' 34" S. The morphometric parameters were obtained by the topographic map elaborated by the Geography and Statistics Brazilian Institute (IBGE) in a 1:50000 scale, Araras Map, SF-23-M-II-3, scanned and georeferenced using ArcGIS 9.2 software. The results of the roughness coefficient of 7.2 fits the watershed in a class A, with the land suitable for agriculture. Through high rainfall the form factor and the circularity index indicated a median tendency to flow. However, the low slope and drainage density indicated that the watershed has a good runoff and water infiltration.

Keywords: watershed, morphometry, roughness, soil, slope.

¹ Docentes - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Botucatu, São Paulo, Brasil;

² Pós-Graduação - Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Botucatu, SP;

³ Docente - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, FCAV - UNESP - Jaboticabal, SP;

⁴ Docente do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Uberaba – Minas Gerais.

1. INTRODUÇÃO

A água corrente da bacia hidrográfica deságua no mar e a das sub-bacias e microbacias desaguam nos rios e são definidas como área de captação natural da água das chuvas que drenam para um canal principal e seus afluentes até o exutório, possuem um relevo específico, limitado por divisores de águas topográficos e freáticos que as separam das microbacias adjacentes. Cada microbacia apresenta uma vegetação ciliar em torno da rede de drenagem, na zona ripária, este ecossistema ripário exerce funções hidrológicas e ecológicas importantes na conservação dos serviços ambientais, de acordo com: Lima (1986), Brasil (1987), Valente & Castro (1987), Silva (1995), Castro et al. (2007), Teodoro et al. (2007), Rodrigues (2011).

O funcionamento hidrológico de uma microbacia esta relacionado aos processos geomorfológicos de formação que resultaram, em: sua área, formas geométricas do relevo, diferentes declividades, densidade de drenagem, entre outros parâmetros, bem como aos processos hidrológicos tais como: precipitação local e regional, escoamento superficial da água das chuvas, infiltração,

fluxo de base, deflúvio, vazão e, suas inter-relações com o meio.

Os estudos em microbacias hidrográficas se iniciam com a análise da morfometria. É uma ferramenta de diagnóstico das condições fisiográficas naturais, seus parâmetros de análise, tais como: fator de forma, densidade de drenagem, declividade do terreno, entre outros, que servem como indicadores da suscetibilidade à degradação ambiental. Portanto, eles norteiam o planejamento, o manejo e as ações mitigadoras para a conservação e uso dos recursos naturais segundo (RODRIGUES, 2004). Neste contexto, as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio da água das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação dos elementos que compõem a superfície terrestre, de acordo com (PISSARRA et al. 2004).

As variáveis morfométricas da microbacia podem ser utilizadas para obter a correlação entre diversas medidas hidrológicas, obtendo-se, uma melhor compreensão da ocorrência dos processos hidrológicos o que irá interferir no manejo da microbacia hidrográfica, conforme

(CHOW *et al.* 1988). Em estudos de morfometria na bacia hidrográfica do ribeirão Água da Lúcia, Botucatu-SP. Pollo *et al.* (2012) concluíram que a manutenção da cobertura vegetal e das matas ciliares são fundamentais na conservação dos serviços ambientais.

A importância do coeficiente de rugosidade para o escoamento superficial da água das chuvas foi descrito claramente por (SCHACK-KIRCHNER *et al.* 2005).

O presente estudo tem como objetivos estudar a morfometria da microbacia e, avaliar as classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A microbacia do Ribeirão das Araras (Figura 1) está totalmente inserida no município de Araras (IBGE 1:50.000, folha Araras-SF-23-M-II-3), englobando uma área de 3.179,00 ha (hectares) ou 31,79 km² (quilômetros quadrados). Apresenta um padrão de drenagem dendrítico, sendo composta também por outros ribeirões que escoam de oeste a leste-nordeste, de acordo com (MAGINI & CHAGAS, 2003).

O clima da região é do tipo Cwa, clima mesotérmico de inverno seco com

temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa 22°C, segundo a classificação de Köppen. As chuvas no mês mais seco não ultrapassam 30 mm. O índice pluviométrico da região fica acima de 1400 mm por ano, sendo abaixo de 300 mm entre os meses de abril a setembro. As temperaturas médias anuais atingem entre 20 e 21°C.

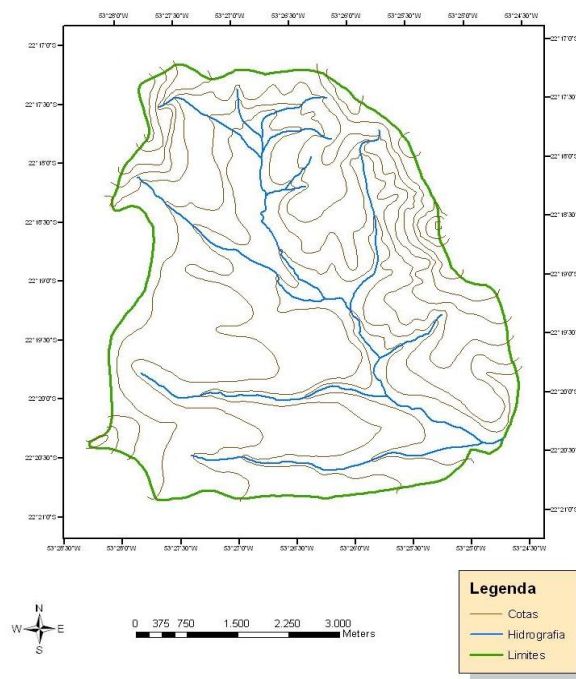


Figura 1. Microbacia do Alto do Ribeirão das Araras.

A região do Ribeirão das Araras, pela classificação de Magini & Chagas (2003) compreende as principais nascentes e fica localizada na área rural do município de Araras. Esta área possui grande importância ambiental, social e econômica, pois abastece a principal represa que

fornece água para a população e para as indústrias de Araras. Utilizou-se a ferramenta Google Planimeter, com imagens do Google Maps, efetuando-se a busca das áreas de interesse, onde foram delimitadas e calculadas as áreas de ocupação do uso do solo.

2.2 Índices morfométricos

A carta do IBGE foi digitalizada, para obtenção dos dados necessários aos cálculos dos índices morfométricos. A carta foi importada no software ArcGIS 9.2 e georreferenciada para obtenção dos parâmetros dimensionais da microbacia com precisão.

2.3. Parâmetros dimensionais da microbacia

Os parâmetros dimensionais obtidos foram: maior comprimento da microbacia (C), correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; maior largura da microbacia (L) que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (Cp) correspondendo à representação horizontal das sinuosidades do rio principal, desde a foz até a nascente, de acordo com Horton (1945); comprimento total da rede de drenagem (Cr) que acompanha as

sinuosidades do rio principal e dos tributários; perímetro da microbacia (P) correspondente ao comprimento da linha do divisor de águas que circunda a microbacia e; área da microbacia (A) circunscrita pela linha do divisor de águas que delimita a microbacia.

2.4 Características relacionadas à forma

Com os parâmetros dimensionais da microbacia foram calculados as variáveis relacionadas ao relevo e a drenagem da microbacia, quais sejam: fator de forma, que compara a microbacia a um retângulo, foi obtido pela equação 01, proposta por (HORTON, 1945).

$$Ff = \left(\frac{A}{C^2}\right) \dots\dots\dots 01$$

Onde Ff = fator de forma; A = área de drenagem (km²); C = comprimento da microbacia (km)

O índice de circularidade também permite visualizar a forma e compara a microbacia a figura geométrica do círculo. O índice de circularidade é igual ao coeficiente da equação multiplicado pela razão entre área e o quadrado do perímetro. Utilizou-se a equação 02.

$$Ic = 12,57 \cdot \left(\frac{A}{P^2}\right) \dots\dots\dots 02$$

Onde: Ic = índice de circularidade; A = área de drenagem (km²); e, P = perímetro (km).

Quando os resultados do fator de forma, igualmente para o índice de circularidade forem iguais ou próximos de 1,0 a microbacia se aproxima da forma circular com alta tendência a enchentes,

diminuindo à medida que a forma torna-se comprida com tendência a conservação de acordo com a (Tabela 1).

O coeficiente de compacidade (Kc) é a relação entre a forma da microbacia com um círculo. De acordo com Villela & Mattos (1975), esse coeficiente 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. Um coeficiente inferior ou igual à unidade 1,0 corresponde a microbacia circular, portanto, maior susceptibilidade a enchentes e conseqüentemente,

assoreamentos da rede de drenagem da microbacia. Quando o coeficiente for superior à 1,7 corresponde a uma microbacia comprida com maiores tendências à conservação ambiental. Para a determinação utilizou-se a equação 03.

$$Kc = 0,28\left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right) \dots\dots\dots 03$$

Onde: kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro (m), A = área de drenagem (m²).

Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a microbacia se assemelha a um círculo. O formato e a interpretação dos resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores e a interpretação dos resultados quanto ao: fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic) e, coeficiente de compacidade (Kc) da microbacia

Ff	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental da microbacia
1,00 – 0,75	1,00 - 0,8	1,00 – 1,25	Redonda	alta tendência a enchentes
0,75 – 0,50	0,8 – 0,6	1,25 – 1,50	Ovalada	tendência mediana a enchentes
0,50 – 0,30	0,6 – 0,40	1,50 – 1,70	Oblonga	baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	microbacia com tendência a conservação

Adaptado da Fonte: Villela & Matos (1975).

2.5 Características da drenagem

As variáveis relativas a drenagem foram estudadas através da ordem, densidade de drenagem, gradiente de canais, extensão do percurso superficial da enxurrada, razão de textura, índice de sinuosidade dos canais.

A ordem da microbacia (W) é uma classificação da rede de drenagem, com a identificação e quantificação de todos os canais, segundo Strahler (1957). A densidade de drenagem (Dd), calculada segundo Horton (1945), corresponde à relação entre o comprimento total de rios

da bacia e a sua respectiva área, sendo expressa em km de rios/km². França (1968) classificou a densidade de

drenagem em: baixa (< 1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (> 2,5), de acordo com a (Tabela 2).

Tabela 2. Valores e a interpretação dos resultados da densidade de drenagem

Dd (valores)	Interpretação Ambiental	Interpretação ambiental da microbacia
< 1,5	Baixa	baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,50 – 2,5	Média	tendência mediana de escoamento superficial.
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento e enxurradas.
> 3,0	Super-alta	alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão.

Adaptado de: Horton (1945), Strahler (1957), França (1968).

O gradiente de canais é a relação entre a altitude ou cota máxima e o comprimento do canal principal. A finalidade é indicar a declividade dos cursos d'água Horton (1945), expresso em (%) pela equação 04.

$$Gc \% = \left(\frac{AM}{Ccp}\right) * 100 \dots\dots\dots 04$$

Onde: Gc = gradiente de canais(%), AM = altitude máxima (m), Ccp = comprimento do canal principal (m).

A extensão do percurso superficial da água de enxurrada, expressa em metros, representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente, determinada pela equação 05, de acordo com (CHRISTOFOLETTI, 1969).

$$Eps = (1/2 * Dd) * 1000 \dots\dots\dots 05$$

Onde: Eps = extensão do percurso de enxurrada (m), Dd = densidade de drenagem (km/km²).

Índice de sinuosidade do rio é uma relação entre o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre dois extremos do canal principal, de acordo com a equação 06.

$$Is = \left(\frac{Ccp}{dv}\right) \dots\dots\dots 06$$

Onde Is = índice de sinuosidade, Ccp = comprimento do canal (m), dv = distância vetorial (m).

Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores tortuosos indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais, segundo (LANA, 2001).

2.6 Características do relevo da microbacia

Na avaliação do relevo primeiramente obteve-se a amplitude altimétrica em metros (m), pela diferença entre a maior altitude à montante e a menor altitude à jusante da microbacia.

A razão de relevo conforme proposição de Schumm (1956), concordando com Rodrigues & Carvalho (2004) é a relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da microbacia e o seu maior comprimento, que corresponde a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas, determinado pela equação 07.

$$Rr = \left(\frac{H}{C}\right) \dots\dots\dots 07$$

Onde: Rr = razão de relevo, H = amplitude altimétrica (m), comprimento da microbacia (m).

A razão de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto (Qds) da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão. A razão de relevo indica o declive total ou declividade geral da microbacia, de acordo com (STRAHLER, 1957).

Piedade (1980) classificou a razão de relevo em três classes: baixa, média e alta, sendo a razão de relevo baixa entre (0 a 0,1), a razão de relevo média entre (0,11 a 0,30) e razão de relevo alta (0,31 a 0,60).

O coeficiente de rugosidade foi calculado de acordo com Rocha (1991) pela equação 08.

$$Rn = (Dd * D\%) \dots\dots\dots 08$$

Onde: Rn=coeficiente de rugosidade, Dd = densidade de drenagem (km/km²), D = declividade média (%).

Quanto maior for o coeficiente de rugosidade, maiores são os riscos de erosão. Na interpretação do coeficiente de rugosidade considerou-se a classificação apresentada por Rocha (1997). Onde os coeficientes de rugosidade estão distribuídos em quatro classes: A, B, C, D, com terras propícias respectivamente para: agricultura; pastagens; pastagens/reflorestamento; e somente reflorestamento (Tabela 3).

A declividade média é a somatória do comprimento das cotas pela equidistância entre as cotas, pela área em km² calculada através da equação 08, segundo Wisler & Brater (1964) citado por (LIMA, 1986).

$$D\% = \frac{(\sum Cn * \Delta H)}{A} \dots\dots\dots 08$$

Onde: D = declividade média (%), Cn = comprimento das cotas (m), ΔH = equidistância entre as cotas (m), A = área (km²).

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos, Lepsch et al. (1991) e EMBRAPA (1999), o intervalo de 0 a 3% relevo plano; de 3 a 6% suave

ondulado; de 6 a 12% ondulado; de 12 a 20% forte ondulado; de 20 a 40% montanhoso; e maior que 40% escarpado.

Tabela 3. Classes de usos dos solos de acordo com o coeficiente de rugosidade.

Coeficiente de rugosidade	classes	terras propícias
1,09 - 10,63	A	Agricultura
10,64 - 20,18	B	Pastagem
20,19 - 29,73	C	pastagem/reflorestamento
29,74 - 39,28	D	Reflorestamento

Fonte: Rocha (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características espaciais e morfométricas do relevo.

Os resultados das características físicas do relevo, da rede de drenagem e parâmetros dimensionais da microbacia são apresentados na tabela 4.

Os parâmetros dimensionais são dados imprescindíveis para a caracterização, interpretação das variáveis morfométricas e análises de tendências da degradação ou conservação ambiental das microbacias.

A rede de drenagem apresenta 29,98 km de comprimento, largura dos rios inferior a 10 metros. Segundo o novo Código Florestal (2012), a área de preservação permanente deve possuir largura de 15 metros de vegetação natural. A mata ciliar exerce uma função de

proteção dos cursos d'água, além de beneficiar a fixação de carbono da atmosfera. A partir daí pode-se avaliar que as áreas de preservação permanente exercem importantes funções no equilíbrio dos recursos naturais, conservação da biodiversidade e regularização dos cursos d'água, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo.

Quanto à ordem (W) apresentada na Tabela 5, foram identificados e quantificados todos os canais da rede de drenagem e suas respectivas ordens, quais sejam: 11 canais primários de primeira ordem (Nw1); 02 canais de 2º ordem (Nw2); 01 canais de 3º ordem (Nw3). A microbacia é de 3º ordem de ramificação segundo o sistema de classificação de (STRAHLER, 1957).

Tabela 4. Características físicas da microbacia do Ribeirão dos Araras

Características físicas	Unidade	Resultados
Parâmetros dimensionais da microbacia		
Área (A)	km ²	31,79
Perímetro (P)	km	23,51
Comprimento (C)	km	7,6
Comprimento da drenagem (Cr)	km	29,98
Comprimento das cotas (Cn)	km	114,76
Comprimento do canal principal (Ccp)	km	8,41
Características do relevo da microbacia		
Declividade média (D)	%	7,66
Altitude média (Hm)	m	720
Maior altitude (MA)	m	800
Menor altitude (mA)	m	640
Amplitude altimétrica da microbacia (H)	m	160
Razão de Relevo (Rr)	-	0,021
Coefficiente de rugosidade (Rn)	-	7,2
Fator de forma (Ff)	-	0,55
Índice de circularidade (Ic)	-	0,70
Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,17
Índices padrões de drenagem da microbacia		
Ordem da microbacia (W)	-	3 ^a
Densidade de drenagem (Dd)	(km/km ²)	0,94
Coefficiente de Manutenção (Cm)	(m/m ²)	1,02
Extensão do Percurso Superficial (Eps)	m	531,92
Gradiente de Canais (Gc)	%	9,51
Índice de Sinuosidade (Is)		1,11

Tabela 5. Ordem, quantidade e comprimento dos segmentos de rios da microbacia do Alto Ribeirão das Araras

Ordem (W)	Quantidade	Comprimento (m)
w1 ^a	11	22.677,60
w2 ^a	2	1.218,95
w3 ^a	1	6.080,03
Total	14	29.976,58

A extensão do percurso superficial (*Eps*) das enxurradas antes de encontrar um canal permanente foi calculada numa distância média de 531,92 metros. O resultado obtido também serve para avaliar que quanto maior for distância do percurso do escoamento superficial da água das

chuvas, maior o tempo de concentração da água da enxurrada, causando menores alagamentos, aumentando a tendência de maior conservação da microbacia.

A densidade de drenagem reflete a influência da origem geológica, da topografia, dos tipos de solo, da vegetação

e das intensidades de precipitação, infiltração e escoamento superficial da água. A microbacia apresenta a densidade de drenagem no valor de 0,94 km de rios/km². Segundo a classificação de Horton (1945), modificada por Strahler (1957), a densidade de drenagem baixa, permite inferir que o solo é permeável e infiltração da água mais eficiente. A microbacia do presente estudo é considerada de terceira ordem, havendo 11 rios de primeira ordem, 2 de segunda ordem e 1 de terceira ordem.

A rede de drenagem apresenta razão de bifurcação de 3,75 e a frequência de rios de primeira ordem é de 0,35. A razão de textura (T) foi de 0,47, ou seja, grosseira pois é menor de 2,5. A declividade encontrada foi de 7,66 % baixa e o relevo da microbacia foi classificado como “Suave ondulado” de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999). A baixa declividade tem relação direta com a menor velocidade da água do escoamento superficial e maior infiltração da água das chuvas, resultando em regulação do sistema hidrológico e regularidade na produção de água da microbacia.

A amplitude altimétrica de 640 metros, é um diferencial entre

as cotas máxima e mínima, sendo a maior altitude (AM) de 800 metros a montante e menor altitude (Am) de 465 metros a jusante. A altitude média de 720 metros e o comprimento das cotas de 114.760,50 m ou 114,76 km (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento das cotas altimétricas da microbacia

Cotas (Cn)	Altitude (m)	Comprimento (m)
Cn1 ^a	640	12081,68
Cn2 ^a	660	24184,69
Cn3 ^a	680	29659,6
Cn4 ^a	700	19274,09
Cn5 ^a	720	12751,26
Cn6 ^a	740	7894,96
Cn7 ^a	760	5445,56
Cn8 ^a	780	2161,54
Cn9 ^a	800	1307,13
Total	Média = 720	Total = 114.760,50

O fator de forma e o índice de circularidade da microbacia (tabela 4) são parâmetros similares quanto à forma, apresentaram um formato oblonga / ovalada / indicando uma baixa à mediana tendência a enchentes, inundação e erosão, mediante altas precipitações pluviométricas. De acordo com os critérios estabelecidos por Strahler (1957) o Ribeirão dos Araras foi classificado em 3^o ordem e com baixa densidade de drenagem

de acordo com a classificação de França (1968), o que indica um relevo pouco recortado, devido ao baixo número de segmentos de primeira ordem, com uma textura topográfica grosseira.

A seguir os valores em hectares e porcentagem de cada classe de uso do solo na área objeto de estudo, na (Tabela 7).

Tabela 7. Quantificação do Uso do solo na microbacia Ribeirão das Araras – SP

Uso do solo	Área da microbacia (ha)	Área da microbacia (%)
cana-de-açúcar	2.323,00	73,07
Pastagens	159,24	5,01
Citrus	55,16	1,74
matas nativas e ciliares	554,16	17,43
outros	13,23	0,42
Espelho d'água de lagos e açudes	74,21	2,33
Total	3.179,00	100

Na Tabela 7 nota-se que a principal cultura dessa região é a agricultura intensiva da cana-de-açúcar com 2.323,00 ha, ocupando (73,07%) da área da bacia com alto nível de mecanização, além de pastagens 159,24 ha com (5,01%) de ocupação, áreas com citrus de 55,16 ha ocupando (1,74%), remanescentes de matas nativas e ciliares com 554,16 ha ocupando (17,43%) da bacia e outros 13,23 ha com (0,42%) de ocupação. Um dado importante foi à área encontrada de espelho d'água de lagos e açudes que ocupa 74,21 ha representando (2,33%) da bacia estudada.

Em estudos de zoneamento da bacia do córrego Rico, Rodrigues, (2013)

considera fundamental a readequação das áreas de conflitos para elaboração do plano de recuperação de áreas degradadas. Ressalta a importância do zoneamento ambiental visando o desenvolvimento sustentável, uma vez que aponta as áreas de risco ambiental em conflito com a legislação.

4. CONCLUSÃO

O coeficiente de rugosidade de 7,2 enquadra a microbacia na classe A com terras propícias para agricultura, onde 73,07% da área estão ocupadas com cana de açúcar. Mediante altas precipitações pluviométricas o fator de forma e o índice

de circularidade indicam uma mediana tendência ao escoamento. Entretanto, as baixas declividades e densidade de drenagem permitem inferir que a microbacia apresenta uma boa relação infiltração deflúvio.

5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. *Programa nacional de microbacias hidrográficas: manual operativo*. Brasília: Ministério da Agricultura; 1987.
- CASTRO, P. S.; LIMA, F.Z.; LOPES, J. D. S. Recuperação e conservação de nascentes. Viçosa, MG. CPT, 2007. 272p.
- CHOW, V. T; MAIDMENT, D. R; MAYS, L. W. *Applied hydrology*. New York: McGraw Hill; 1988.
- CRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica* 1969; 18(9): 35-64.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília; 1999.
- FRANÇA, G. V. *Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba* [tese]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 1968.
- GOOGLE PLANIMETER. Google Maps. Imagens 2012. Cnes/Spot, Digital Globe, GeoEye. [cited 2012 set. 15]. Available from: <http://acme.com/planimeter>.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* 1945; 56(3): 275-370.
- LANA, C. L; ALVES, J. M. P; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. *Revista da Escola de Minas* 2001; 54(2): 121-126.
- LEPSH, I. F; BELLINAZZI JUNIOR, R; BERTOLINI, D; ESPÍNDOLA, C. R. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: SBCS; 1991.
- LIMA, W. P. *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: ESALQ, 1986.
- MAGINI, C; CHAGAS, R. L. Microzoneamento e diagnóstico físico-químico do Ribeirão das Araras, Araras - SP. *Geociências* 2003; 22(2): 195-208.
- PIEIDADE, G. C. R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu, (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980. 161f.
- PISSARA, T. C. T; POLITANO, W; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 2004; 28: 297-305.
- POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, V. R. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu - SP. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 2012; 5(1): 163-174.
- ROCHA, J. S. M. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. Santa

Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 1991.

ROCHA, J. S. M. Manual de projetos ambientais. Universidade Federal de Santa Maria; 1997.

RODRIGUES, F. M. Caracterização ambiental da bacia do córrego Rico, Jaboticabal-SP. (Tese de Doutorado em Agronomia), UNESP, Jaboticabal, 2013. 85p.

RODRIGUES, V. A. Análise dos processos hidrológicos em modelo didático de microbacias. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Garça. R.C.E.E.F.* 2011. v.17, n.1, p.1-15

RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: *Anais do VIII Workshop em Manejo de Microbacias Hidrográficas*. UNESP. Botucatu. 2004, p.7-18.

SCHACK-KIRCHNER, H.; SCHMID, T.; HILDEBRAND, E. E. High resolution monitoring of surface-flow depth with frequency-domain probes. *Soil Science Society of America Journal*; 2005; 69, p.343-346.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America* 1956; 67: p.597-645.

SILVA, A. M. *Princípios básicos de hidrologia*. Lavras: UFLA; 1995.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 1950; 248: 655-658.

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. *Transactions of American Geophysical Union*, Washington, 1957; 38: 913-920.

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J. L; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Araraquara. *Revista Uniara*, 2007; 20: 137-156.

VALENTE, O. F; CASTRO, P. S. Manejo de bacias hidrográficas. *Informe Agropecuário*, 1987; 7(80): 40-45.

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