

GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DUAS ÁGUAS - BOTUCATU(SP)

SÉRGIO CAMPOS¹; ISABEL S.S. LEAL², YARA M. GARCIA³, MARIANA DE CAMPOS³, TERESA C. T. PISSARRA⁴

¹ Professor Titular, Universidade Estadual Paulista – seca@fca.unesp.br

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Estadual Paulista – isabeleal47@gmail.com

³ Mestranda em Agronomia Universidade Estadual Paulista – yaramanfrin@fca.unesp.br; mari.bio@bol.com.br

⁴ Professora Doutora, Universidade Estadual Paulista – teresap@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho 2014 – Campo Grande – MS, Brasil

RESUMO: O manejo racional dos seus recursos é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável, notadamente quando se pensa em utilizar racionalmente as reservas de água para diversos fins, principalmente para o consumo humano, animal e para a irrigação. Esse trabalho objetivou a aplicação de geoprocessamento na análise hidrológica e ambiental da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP) através do Sistema de Informação Geográfica, visando à preservação, racionalização do seu uso e recuperação ambiental. A microbacia apresenta uma área de 4007,19ha e está localizada entre os paralelos 22° 43' 49" a 22° 49' 29" de latitude S e 48° 17' 53" a 48° 22' 03" de longitude W Gr. Os resultados mostraram que o baixo valor da densidade de drenagem, 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 (0,58) amparado pelo índice de circularidade (0,52) indica que a microbacia tende a ser mais alongada com menor susceptibilidade à ocorrência de enchentes mais acentuadas, e conseqüentemente uma tendência de menor risco de assoreamento dos cursos d' água e da degradação ambiental da rede de drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: geoprocessamento, rede de drenagem, SIG IDRISI.

GEOPROCESSING APPLIED IN THE CHARACTERIZATION MORFOMETRIC OF STREAM DUAS ÁGUAS WATERSHED - BOTUCATU(SP)

ABSTRACT: The rational handling of their resources is of fundamental importance for the maintainable development, especially when he thinks her in using the reservations of water rationally for several ends, mainly for the human consumption, animal and for the irrigation. That work aimed at the geoprocessing application in the hydrologic analysis and environmental of the Stream Duas Águas watershed - Botucatu (SP) through the Geographical Information System, seeking to the preservation, rationalization of his use and environmental recovery. The watershed presents an area of 4007,19ha and it is located among the parallel ones 22°43'49" to 22°49'29" of latitude S and 48°17'53" to 48°22'03" of longitude W Gr. The results showed that the low value of the drainage density, they facilitate the infiltration of the water in the soil, reducing the superficial drainage and the erosion risk and of the environmental degradation, as well as the low value of the form factor (0,58) aided by the circular index (0,52) it indicates that the watershed tends to be more prolonged with smaller susceptible to the occurrence of inundations more accentuated, and consequently a tendency of smaller risk of silting of the courses d' water and of the environmental degradation of the drainage net.

Key words: geoprocessing, drainage net, GIS-IDRISI.

Introdução

A região de Botucatu tem sofrido com o passar dos anos explorações predatórias e má utilização do solo que se agravam, devido aos métodos inadequados e sem planejamento da ocupação do solo, acarretando com isso os assoreamentos dos rios e dos reservatórios.

O uso inadequado e sem planejamento da terra a torna infértil de maneira irreversível, provocando a baixa produtividade das culturas, tendo como consequência o baixo nível sócio econômico tecnológico da população rural.

Moraes et al. (1997) recomenda que a recuperação e preservação dos recursos naturais renováveis (solo, água e fauna), devem ser realizadas de maneira integrada, visando garantir seu uso sustentável e a sua conservação para as gerações futuras.

A pesquisa objetivou realizar o geoprocessamento aplicado no estudo morfométrico da microbacia do Ribeirão Duas Águas - Botucatu (SP) através do SIG Idrisi Selva.

Material e Métodos

A microbacia do Ribeirão Duas Águas, Botucatu, SP, apresentando uma de 4007,19ha, encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas: 22° 43' 49" a 22° 49' 29" de latitude S e 48° 17' 53" a 48° 22' 03" de longitude W Gr.

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), bem como as fotografias aéreas coloridas de Botucatu - SP de 2000, em escala nominal aproximada 1:30000 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, hierarquia dos canis, de acordo com 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 & 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), as quais foram obtidas através do *software* Sistema de Informações Geográficas Idrisi Selva utilizado para manipulação, tratamento e análise dos dados gerados como as curvas de nível e a rede de drenagem da microbacia.

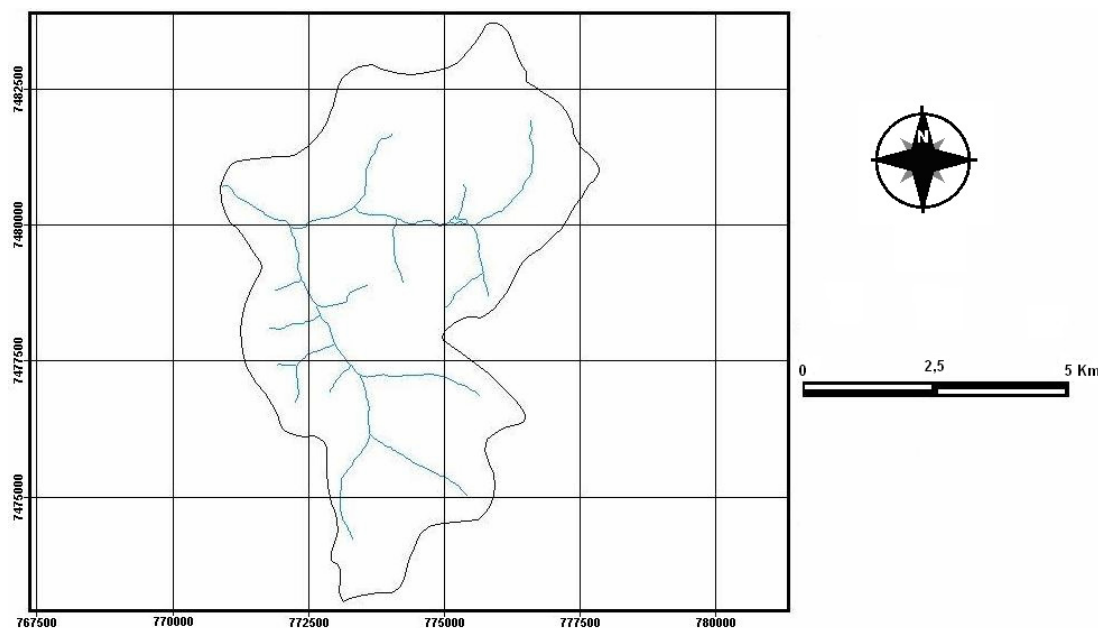


Figura 1. Hidrografia da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP) (Strahler, 1952).

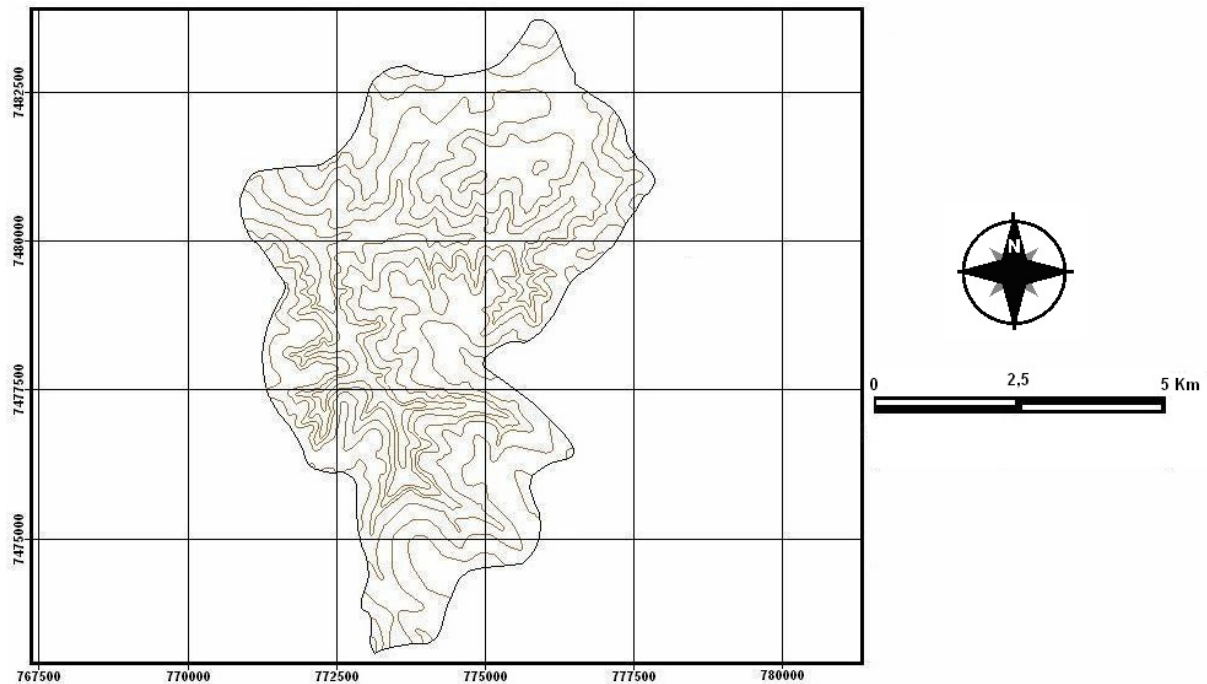


Figura 2. Planialtimetria da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP) (Strahler, 1952).

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 Christofolletti (1969), bem como, o fator de forma (Kf) 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^{-2}

N - Número total de rios

A - Área da bacia hidrográfica em km^2

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., 2001 (Quadro 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 m²

Quadro 1. Classes de declividade e relevo (Lepsch et al, 2001).

| 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 ($CR = Dd \cdot H$, onde: CR = coeficiente de rugosidade; Dd = densidade de drenagem e H = declividade média), 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 rio Soledade, 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, segundo Rocha & Silva (2001).

As classes A, B, C e D para caracterização do uso potencial da terra de cada microbacia 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 –, que é o número de classes preconizadas pelo método de Sicco 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 et al., 2004):

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

Onde:

- Dd - Densidade de drenagem em km/km²
 L - Comprimento total dos rios ou canais em km
 A - Área da bacia em km²

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

Quadro 2. Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem (Christofolletti (1969)).

| Classes de valores (km ³) | Densidade de drenagem |
|---------------------------------------|-----------------------|
| < 7,5 | Baixa |
| 7,5 a 10,0 | Média |
| > 10,0 | Alta |

Índice de circularidade (IC)

O índice de circularidade, também denominado por alguns autores como índice de forma, representa a relação existente entre o perímetro e a área da bacia. O número calculado independe da

área considerada, dependendo apenas da forma da bacia (Silva et al., 2004). O menor valor possível a ser encontrado é 1,0, correspondendo a uma bacia circular (Gandolfi, 1971). Esse parâmetro influencia a determinação do débito (vazão) e a intensidade de escoamento (Silva et al., 2004). O índice de circularidade foi determinado pela equação:

$$TC=12,57 P^2$$

Onde:

K - Índice de circularidade;
P - Perímetro da bacia em km
A - Área da bacia em km²

Coefficiente 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: 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
A - Área de drenagem em m²

Índice de circularidade

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 torna-se 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 m²
P - Perímetro em m

Fator de forma (Ff)

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.

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 m²

L - O comprimento do eixo da bacia em m

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 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.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A morfometria da microbacia do Ribeirão Duas Águas, classificada como de 3ª ordem de ramificação, segundo o sistema de Strahler (1957), que modificou o sistema de classificação de rios de Horton (1945), é reflexo das condições do meio físico em que estão relacionadas com a litologia, a estrutura geológica e o material superficial (Silva, 2003).

A análise das variáveis dimensionais (Quadro 1) permitiu constatar que a área da microbacia da Ribeirão Duas Águas foi de 40,0719km². Esta variável é uma das mais importantes, visto que quase todas as outras características estão relacionadas a ela (Moreira e Rodrigues, 2010) e porque esta aumenta exponencialmente com o aumento da ordem de ramificação dos rios (Schumm, 1956) e variam em conformidade com a relação infiltração/deflúvio.

Quadro 1. Características físicas da microbacia do Ribeirão Duas Águas, Botucatu-SP.

| Características físicas | Unidades | Resultados |
|--|-----------------------|----------------|
| Parâmetros dimensionais da microbacia | | |
| Área (A) | km ² | 40,0719 |
| Perímetro (P) | Km | 31,12 |
| Comprimento (C) | Km | 11,15 |
| Comprimento da drenagem (Cr) | Km | 51,97 |
| Comprimento das cotas (Cn) | Km | 206,28 |
| Características do relevo | | |
| Coefficiente de compacidade (Kc) | --- | 1,38 |
| Fator forma (Ff) | --- | 0,58 |
| Índice de circularidade (Ic) | --- | 0,52 |
| Declividade média (D) | % | 10,29 |
| Altitude média (Hm) | M | 559,00 |
| Maior altitude (MA) | M | 620,00 |
| Menor altitude (mA) | M | 480,00 |
| Amplitude altimétrica (H) | M | 140,00 |
| Coefficiente de Rugosidade (Rb) | --- | 13,37 |
| Razão de Relevo (Rr) | --- | 0,013 |
| Razão de Relevo Relativo (Rrl) | | 0,045 |
| Padrões de drenagem da microbacia | | |
| Ordem da microbacia (W) | --- | 3 ^a |
| Densidade de drenagem (Dd) | (km/km ²) | 1,29 |
| Coefficiente de Manutenção (Cm) | (m/m ²) | 775,119 |
| Extensão do Percurso Superficial (Eps) | M | 390,00 |

As variáveis dimensionais são estudadas por muitos pesquisadores brasileiros, pois elas permitem a diferenciação das unidades de solos, bem como servem para agrupar microbacias de uma mesma unidade de solo (Amaral, 1991).

As microbacias, normalmente se apresentam no formato de pês, mas podem apresentar outras formas que dependem da interação clima, geologia entre outras. A superfície da microbacia é sempre côncava, a qual determina a direção do fluxo de água (Lima, 1986).

A densidade de drenagem para Christofolletti (1974) é um parâmetro físico fundamental na análise comparativa da susceptibilidade entre microbacias, pois relaciona o comprimento total da rede de drenagem (CR) e a área (A), e quanto maior for o valor do comprimento da rede de drenagem (Cr) maior será o perigo de erosão. A densidade de drenagem de 1,29km/km² para a microbacia do Ribeirão Duas Águas foi classificada como baixa (França, 1968) que classifica como baixa quando os valores menores que 2,5, o que permite inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento superficial da água. Para Ray (1963), a densidade de drenagem em um dado ambiente climático está relacionada principalmente com a resistência à erosão dos materiais presentes, aumentando à medida que diminui a resistência à erosão. Nesse sentido, as matas são fundamentais no controle da erosão e de enchentes e, quando situadas em locais preservados adequadamente são fundamentais na recarga do lençol freático.

O comprimento de rios (Cr) permitiu constatar que a microbacia apresenta uma rede de drenagem de aproximadamente 51,97km, denotada através dos seus comprimentos totais de 1ª e 2ª e total.

O valor de 0,58 para o índice de forma da microbacia é considerado baixo, indicando que apresenta maior susceptibilidade à degradação, pois quanto mais próximo de 1 for o fator de forma, mais próxima do formato circular será a microbacia e, conseqüentemente menor será o tempo de concentração (Tc) das águas das chuvas, pois as enxurradas provocam inundações, que possivelmente causarão erosões do solo e degradação da zona ripária.

O coeficiente de compactidade de 1,38 e o índice de circularidade de 0,52 mostra que quanto mais próximo de 1, mais estará próxima do formato circular e quanto maior for este valor, maior será o perigo de enchentes. Assim, este valor denota que não tem formato circular, possuindo neste caso, uma forma alongada e pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação. Isto é comprovado pelo índice de circularidade, indicando que é menor que 1, ou seja, pois quanto mais próximo de 1, mais se aproxima do formato circular.

4 CONCLUSÕES

Os resultados da morfometria da microbacia do Ribeirão Duas Águas permitiram 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, classificados como baixos, permitem inferir que o substrato tem permeabilidade alta com maior infiltração e menor escoamento da água. O Sistema de Informações Geográficas ArcGis 9.3 foi excelente para a vetorização e análise dos dados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, C. **Fotointerpretação de características de bacias hidrográficas de terceira ordem na diferenciação de unidades de solo**. Botucatu: UNESP, 1991. 104p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1991.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.149p.
- FRANÇA, G.V. **Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba, SP**. Piracicaba, 1968,151 p., Tese (Doutoramento em solos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull. Geol. Soc. Am.**, Colorado, v.56, n.3, p.275-370, 1945.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para manejo de microbacias hidrográficas. Piracicaba**: Escola superior de Agronomia "Luis de Queiroz", USP.1986. 318p.
- 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.
- RAY, R.G. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. **Inst.Geogr.Geol.**, São Paulo, 1963, 88p. (Trad. de J.F.Felicíssimo).
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy. New Jersey. **Bull. Geol. Soc. Am.**, Colorado, v.67, p.597-646, 1956.
- et al

SILVA, A.M. **Caracterização agroambiental de área de mananciais do Rio Paraíba do Sul, Piquete (SP), utilizando técnicas de geoprocessamento e fotointerpretação.** 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal of Science**, New Haven, v.248, p.655-668, 1950.

STRALHER, A. N.. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. Am. Geophys. Un.**, New Haven, v.38, p.913-20, 1957.

STRALHER, A. N.. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. **Bull. Geol. Soc. Am.**, Colorado, v.69, p.279-300, 1958.