

Degradação ambiental da microbacia do ribeirão Tamanduá em relação com sua morfometria

Environmental degradation of the micro watershed in the Tamanduá River related with its morphometry

Degradación ambiental de la microcuenca del río Tamanduá en relación con su morfometría

VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES¹,
PAULO TORRES FENNER¹,
LÚCIO DE PAULA AMARAL²,
CARLOS ADOLFO BANTEL¹,
JOÉ IMAÑA E.
y OSVALDO ENCINAS BLANCO³

1 Universidade Estadual do Estado de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, São Paulo, Brasil,
Correos electrónicos: valdemirrodriques@fca.unesp.br,
fenner@fca.unesp.br, bantel@fca.unesp.br
2 Universidades Federal de Santa Maria, Brasil, Correo electrónico:
lpamaralengflorestal@gmail.com
3 Universidade de Los Andes, Escola de Engenharia Florestal, Mérida, Venezuela, Correo electrónico: oencinas@ula.ve

Recibido: 10-10-09 / Aceptado: 25-06-10

Resumo

A caracterização morfométrica da microbacia, com sua topografia, classes de declividade, forma do relevo, escoamento superficial, rede de drenagem e área de preservação permanente (APP) são importantes para estimar as suas condições de conservação. A microbacia do Ribeirão Tamanduá, localizada entre as coordenadas geográficas: 23° 06' 15" S a 23° 08' 16" S e 48° 30' 55" W a 48° 32' 30" W, foi estudada com base nos mapas topográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com escala 1:50.000. A área e o perímetro foram medidos através do SIG – IDRISI e do Autocad 2002. A microbacia foi classificada como sendo de 3ª ordem de ramificação, com 11,06 km de perímetro e uma área total de 5,09 km², sendo 13,57% área de preservação permanente coberta de vegetação. A altitude do relevo varia de 640 a 930 m, com uma declividade média de 21,43%. Em 2,29 km² de área a topografia foi definida como fortemente ondulada. Nesta a declividade pode variar entre 20 e 45%. A densidade de drenagem é de 2,17 km/km² e foi considerada média. De acordo com os resultados obtidos se concluem que 93,66% da área total da microbacia, encontram-se em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, nestas áreas o escoamento superficial aumenta com a declividade e apresenta uma alta susceptibilidade a degradação ambiental devido o escoamento da água das chuvas que causam erosão.

Palavras chave: microbacia hidrográfica, morfometria, declividade, escoamento, rede de drenagem, preservação permanente.

Abstract

Morphometric characterization of a watershed in terms of its topography, slope, relief, drainage and permanent preservation area (APP) are important to estimate its conservation conditions. The watershed of the Rio Tamanduá, Sao Paulo, Brazil, located between the geographic coordinates: 23° 06' 15" S, 23° 08' 16" S and 48° 30' 55" W to 48° 32' 30" W, was studied based on topographic maps of the IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics) with 1:50.000. The area and perimeter were measured by GIS - IDRISI and Autocad 2002. The watershed was listed as the 3rd order of ranking, with 11.06 km in circumference and a total area of 5.09 km², with 13.57% of area under

permanent protection, i.e. vegetation cover. The altitude of the terrain varies from 640 - 930 meters, with an average grade of 21.43%. 2.29 km² in the topography of the area was defined as strongly undulating, but the slope can range from 20 to 45 %. The drainage density is 2.17 km/km² and was considered the average. The results indicate that 93.66 % of the watershed has risen between rolling, heavily undulating and steep mountain; in these areas, surface runoff increases with slope steepness and presents a high susceptibility to environmental degradation due to runoff rain water causing soil erosion.

Key words: micro watershed Tamanduá, slope, relief, drainage, permanent preservation.

Resumen

Para la estimación de las condiciones de conservación de una micro cuenca, es necesaria la caracterización morfométrica de la misma en términos de topografía, pendiente, relieve, escurrimiento, drenaje y las áreas de preservación permanente (APP). La cuenca del río Tamandúa, Sao Paulo, Brasil, está ubicada entre las coordenadas 23 ° 06' 15" S a 23 ° 08' 16" S y 48 ° 30' 55" W a 48 ° 32' 30" W, y fue estudiada en base a mapas topográficos a escala 1:50.000 del IBGE (Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística). Tanto el área como el perímetro fueron medidos mediante combinación de herramientas GIS-IDRISI y Autocad 2002. La cuenca se clasifica como de tercer orden con 11,06 km de perímetro para un área total de 5,09 km², con 13,57% de su área bajo protección permanente, es decir cubierta por vegetación. La altitud de la cuenca varía entre los 640 - 930 m con un promedio de pendiente de 21,43 %. Unos 2,29 km² del área fueron definidos como fuertemente ondulados, pero en general, la pendiente varía entre 20 y 45%. La densidad de drenaje es de 2,17 km/km² lo cual debe considerarse como el promedio. Los resultados indican que el 93,66% de la cuenca tiene un relieve entre ondulado, fuertemente ondulado, montañoso y escarpado; en esas áreas el escurrimiento superficial aumenta con la pendiente y presenta una alta susceptibilidad de degradación ambiental debido al escurrimiento del agua de lluvia que causa erosión del suelo.

Palabras clave: micro cuenca Tamanduá, pendiente, escurrimiento, drenaje, preservación permanente.

1. Introdução

A degradação de ecossistemas contraria o desenvolvimento sustentável de qualquer região. Os efeitos da deterioração estão associados a diversas combinações de fatores e processos degradativos, maioria dos quais são do tipo antrópico, que varia em intensidade, efeitos e grau de complexidade, o que tem motivado o desenvolvimento de estratégias de uso, manejo e valoração integral dos recursos naturais, baseados nos princípios da sustentabilidade ambiental, segundo Jaimes *et al.*, (2007).

A importância da determinação do grau de degradação ambiental na micro bacia é bem ilustrado no caso da Venezuela, onde Jaimes *et al.* (2006), estudou a degradação ambiental na área da microbacia e nascentes do Rio Blanco, pertencente a subbacia do rio Escuque, que drena suas águas para a bacia do rio Motatán, que ressalta que durante 46 anos vem sendo submetida a um processo de intervenção com desmatamento, incêndios e avanço das fronteiras agrícolas. Esta microbacia representa a principal fonte hídrica que abastece de água o município de Escuque desde 1960. Jaimes *et al.* (2006), com base nas metodologias Matriz Causa-Efeito e Matriz Problema-Solução, determinou o nível de deterioração agroecológica e ambiental das microcuencas Rio Blanco e El Socorro, nos rios Escuque e La Palma, no estado Trujillo, Venezuela.

A microbacia hidrográfica é uma célula viva da natureza, com funções hidrológicas e ecológicas importantes na manutenção dos serviços ambientais segundo Rodrigues (2006), desde que as nascentes e a vegetação do seu entorno sejam preservadas. As cabeceiras das microbacias onde se concentra a maior quantidade de nascentes devem ser preservadas, visando sua utilização com racionalidade como um princípio maior da sustentabilidade ambiental afirma (Rodrigues e Carvalho, 2009).

A conservação dos recursos hídricos e do ecossistema aquático depende da manutenção de mecanismos naturais desenvolvidos ao longo dos processos evolucionários da paisagem, referidos como serviços ambientais do ecossistema de acordo com Lima (2006). O manejo da microbacia consiste em ações técnicas com atividades benéficas ao meio ambiente, capazes de conservar os serviços ambientais da floresta, como a produção de água,

a biodiversidade da vegetação e o solo, bem como utilizar os recursos naturais de forma sustentável.

A composição rede de drenagem permite avaliar, através das leis hidrofísicas, formuladas para número e comprimento de rios, o efeito do controle geológico, litológico e ou estrutural, da rede de drenagem e de desequilíbrio dos elementos do ambiente, que causa a erosão laminar e em sulcos, sua evolução formam canais de drenagem que atingem o sistema hidrográfico e desorganiza a sua hierarquização (Carvalho *et al.*, 1978, Carvalho, 1981).

A finalidade deste trabalho foi fazer a caracterização morfométrica da microbacia, estimar as áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, relacionar as classes de declividade com o escoamento; bem como analisar a rede de drenagem e a área de preservação permanente. As nascentes do ribeirão Tamanduá localizam-se no reverso da Cuesta de Botucatu, região que compõe o aquífero Guarani. Constitui-se um ambiente adequado para a planificação, caracterização morfométrica, avaliação das condições de conservação.

2. Material e métodos

A microbacia do ribeirão Tamanduá está circunscrita entre as coordenadas geográficas: 23° 06' 15" S a 23° 08' 16" S e 48° 30' 55" W a 48° 32' 30" W; localizada no município de Itatinga-SP e suas nascentes deságuam no Rio Paranapanema. Os parâmetros dimensionais da microbacia são: área de 5,09 km², perímetro de 11,06 km, maior comprimento e largura de 4,5 e 1,65 km respectivamente, o comprimento do rio principal e do total de segmentos de rios são de: 4,65 e 54,51 km respectivamente.

Na delimitação do divisor de águas, rede de drenagem e cotas foi utilizada a carta do IBGE, município de Itatinga-SP, folha SF-22-Z-D-II-2, na escala 1:50.000. No georeferenciamento utilizou-se o sistema de informação geográfica IDRISI release two e o Autocad 2002.

A ordem da microbacia foi obtida segundo o sistema de Strahler (1957), que modificou o sistema de classificação de rios de Horton (1945), introduzindo o conceito de segmento de rio. Segundo esse sistema a microbacia do ribeirão Tamanduá é de 3ª ordem de ramificação (w3), (Figura 1).

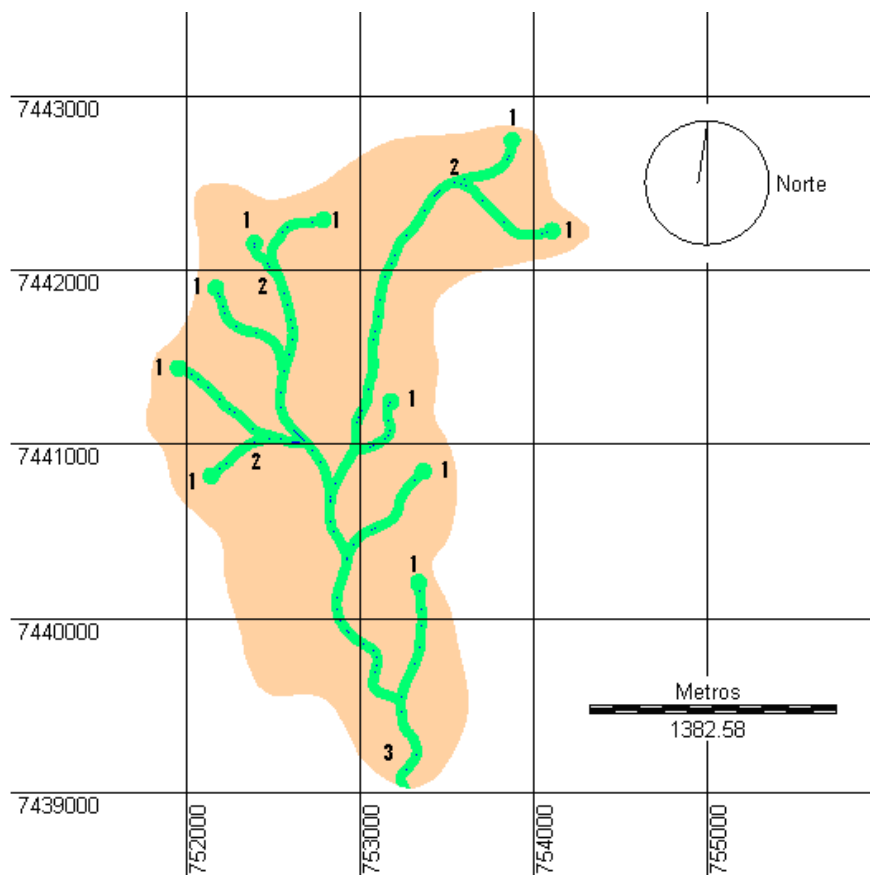


Figura 1. Rede de drenagem da microbacia do Ribeirão Tamanduá, indicando ordem de ramificação e a área de preservação permanente (APP).

Os parâmetros dimensionais da microbacia foram: área (A), perímetro (P), maior: comprimento (C) e largura (L); comprimento: do rio principal (Cp) e da rede de drenagem (Cr). Referente a composição e padrão da rede de drenagem: número de segmentos de rios de 1ª ordem; razão de bifurcação; frequência de rios; densidade de drenagem; extensão do percurso superficial das enxurradas; razão de textura. O relevo: declividade média; razão de relevo; e fator de forma. A área e o perímetro da microbacia foram medidos através do SIG - IDRISI release two.

A razão de ramificação ou de bifurcação (Rb) corresponde a média aritmética da relação entre o número de segmentos de rios de uma dada ordem e o da ordem imediatamente mais elevada (Horton, 1945, Smith, 1950). Onde: $Rb = [(Nw1/Nw2) + (Nw2/Nw3) + (Nw3/Nw4)] / 3$.

O padrão da rede de drenagem da microbacia foi analisado segundo suas características quanti-

tativas: A frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura.

A frequência de rios (Fr) é a relação entre o número total de canais de primeira ordem (Nw1) e a área (A) da microbacia, segundo Horton (1945), onde: $Fr = Nw1/A$, em nº de rios/km².

A densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento total de rios da bacia (Cr) e sua respectiva área (A), Horton (1945): $Dd = Cr/A$, em km de rios/km². Segundo França (1968) a Dd pode ser baixa (< 1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (> 2,5).

A razão de textura (T) segundo Smith (1950), modificada por França (1968), corresponde a relação entre o número total de rios da bacia (Nw1) e seu perímetro (P): $T = Nw1/P$, em nº de rios/km. Os autores consideram as classes de textura topográfica: grosseira ($T < 2,5$), média (T entre 2,5 a 6,2) e fina ($T > 6,2$).

A declividade média da microbacia tem relação importante com vários processos hidrológicos,

quais sejam: escoamento superficial e infiltração da água das chuvas, umidade do solo e tempo de concentração da precipitação nos canais de drenagem. A declividade média foi calculada através da seguinte equação: $D\% = (SCn \times DH)/A$, onde Cn é a somatória do comprimento das curvas de nível (S Cn), pela equidistância entre as cotas (DH) sobre a área (A) da microbacia (Wisler e Brater, 1964, citado por Lima, 1986).

A razão de relevo (Rr) conforme proposição de Schumm (1956), através da relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da microbacia ou amplitude altimétrica (H) e o seu maior comprimento (C), que corresponde a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas: $Rr = H/C$. A razão de relevo indica a declividade geral ou declive total da superfície da microbacia segundo (Strahler, 1957).

O fator de forma da microbacia (Ff) foi obtido segundo (Horton, 1945), utilizando-se a equação: $Ff = A / C^2$, onde A é a área em km^2 e C o comprimento em km. Geralmente as microbacias em geral apresentam forma de pêra, mas podem ter outras formas que depende da interação clima, geologia entre outras. A superfície da microbacia é sempre côncava, a qual determina a direção do fluxo de água segundo Lima (1986). Portanto quanto mais próximo de um (1,0) for o fator de forma mais próximo da forma circular e conseqüentemente maiores chances de degradação terá a microbacia.

Cruciani (1989), comenta sobre os coeficientes de runoff (C) nas classes de declividades da microbacia.

3. Resultados e discussão

A declividade tem uma relação importante com o escoamento superficial e a regulação do tempo de concentração da água das chuvas na rede de drenagem. Quanto maior for a declividade, maior a relação com os processos erosivos do solo, e, quando o ambiente encontra-se desprotegido de vegetação aumenta a degradação da microbacia.

No Quadro 1, observa-se que os maiores percentuais de área da microbacia, 93,66 %, encontram-se em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, nestas áreas o escoamento superficial da água das chuvas, aumenta com a de-

Quadro 1. Classes de declividade e tipo de relevo da microbacia hidrográfica.

Classes de declividade (%)	Área (ha)	Área (%)	Tipo de relevo
0 - 3	3,90	0,77	plano
3 - 8	28,86	5,67	suave ondulado
8 - 20	223,94	44,03	ondulado
20 - 45	228,92	45,01	forte ondulado
45 - 75	21,01	4,13	montanhoso
> 75	2,01	0,40	escarpado
Total	508,64	100	

clividade. O coeficiente de escoamento superficial (runoff) é a relação entre o total de água das chuvas que cai na microbacia e a quantidade de água que efetivamente chega à secção final do canal do rio principal. Portanto, esta microbacia apresenta características morfológicas com alta declividade que favorece o escoamento e propícias á erosão.

O escoamento superficial está relacionado com a maior extensão da área de 228,92 hectares, ou seja 45,01% da microbacia com declividade entre 20 e 45%. As outras classes de declividades descritas na caixa 2, também aumentam o runoff, estão em relevo mais acidentado, ligados aos processos de erosão da camada orgânica do solo e conseqüentemente à degradação ambiental. Portanto, nestas áreas com maiores declividades da microbacia, recomendam-se um planejamento de uso e ocupação do solo e as devidas práticas de conservação de solo, preventivas para melhorar a conservação da microbacia.

A microbacia tem freqüência de rios de 1,97 rios/ km^2 ; a densidade de drenagem igual a 2,17 km de rios/ km^2 , considerada média; e a razão de textura de 0,90 rios/km, considerada baixa ou grosseira de acordo com (França, 1968).

As características do relevo da microbacia pode-se verificar que: a maior e a menor altitude da microbacia é de 930 m e 640 m, respectivamente, com uma altitude média de 785 m e amplitude altimétrica de 290 m, considerada média. Alta declividade média de 21,43 % classifica o relevo como fortemente ondulado, onde deve haver manejo e conservação do solo, pois, há tendências de menor infiltração da água e maior escoamento superficial ou deflúvio, caracterizando a cabeceira da microbacia do ribeirão Tamanduá, baixa relação infil-

tração deflúvio e suscetibilidade à erosão. Jaimes *et al.* (2007), recomenda uma análise global da deterioração agroecológico e ambiental através dos instrumentos Matriz Causa-Efeito e Matriz Problema-Solução. A declividade do terreno tem uma relação importante com os parâmetros hidrológicos, tais como: a infiltração da água, a umidade do solo, a regulação do tempo do escoamento superficial e a concentração da água das chuvas no canal principal.

Para a análise do fator de forma foi utilizada a equação proposta por Horton (1945), resultando em 0,25 considerado médio. Isto indica que a microbacia, fisiograficamente apresenta chances de inundações, erosão, assoreamentos de canais e degradação ambiental.

Os resultados mostram que a microbacia hidrográfica do ribeirão Tamanduá é de 3ª ordem de ramificação e apresenta 10, 3 e 1 segmentos de rios de 1ª, 2ª e 3ª ordem de acordo com o sistema de classificação de rios de acordo com Horton (1945), modificado por Strahler (1957), conforme ilustrada na Figura 1.

A área de preservação permanente (APP) em torno da rede de drenagem foi calculada em 69,04 hectares, ou seja, 0,69 km² que corresponde a 13,57 % da área total da microbacia hidrográfica. Este ambiente de vegetação ciliar quando conservado, proporciona importantes serviços ambientais além de maior equilíbrio ao ecossistema ribeirinho (Figura 1).

A área de preservação permanente da microbacia encontra-se bem preservada. A mata ciliar contribui sobremaneira na manutenção dos serviços ambientais, tais como: produção de água, manutenção da biodiversidade, seqüestra de carbono e belezas cênicas da paisagem.

A proteção do solo contra erosões nas margens dos canais de drenagens no entorno dos rios, com o enriquecimento e manutenção da vegetação ciliar, proporciona à diminuição de sedimentação carregada para os rios.

O manejo adequado da microbacia com melhor relação infiltração/deflúvio, reflete na regularização do lençol freático e realimentação ou afloramento da água nas nascentes com maior sustentabilidade da vazão e regularização do nível da água no leito dos rios.

As matas ciliares além da proteção dos canais de drenagens, proporcionam um microclima

ribeirinho com menor oscilação da temperatura da água e da umidade relativa intra bosque, propiciando melhoria na qualidade de vida; abrigo, alimento e corredor de fauna silvestre, favorecendo o aumento da biodiversidade, proporcionando maior equilíbrio aos ecossistemas ripários ampliando o nível de sustentabilidade ambiental das microbacias. As contribuições ecológicas e hidrológicas da mata ciliar, já foram amplamente abordadas e discutidas por (Davide *et al.*, 1996, Lima, 1999, Rodrigues, 2006).

4. Conclusões

A densidade de drenagem de 2,17 km/km², considerada média, e a alta declividade média de 21,43%, permitem inferir que o substrato tem permeabilidade média com menor infiltração e maior escoamento superficial da água. A microbacia do ribeirão Tamanduá é de 3ª ordem de ramificação, de acordo com o sistema de classificação de rios apresenta uma rede de drenagem com 10 segmentos de rios de 1ª ordem, 03 segmentos de 2ª ordem, 01 segmento de 3ª ordem. A maior parte da área da microbacia, 93,66%, encontra-se em relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado, nestas áreas encontram-se as classes de maior declividade, e apresenta alto coeficiente de escoamento superficial (runoff) e alta vazão da água que efetivamente chega na secção final da microbacia, com susceptibilidade a erosão. A área de preservação permanente (APP) em torno da rede de drenagem é de 69,04 hectares ou 0,6904 km², o que corresponde a 13,57% da área total da microbacia, o que confere importantes serviços Ambientais e equilíbrio ao ecossistema ripário.

5. Agradecimentos

Fundação para o Desenvolvimento da Unesp-Fundunesp, São Paulo, Brasil.

6. Referências bibliográficas

CARVALHO, W. A., G. C. R. PIEDADE y G. V. FRANÇA. 1978. Redes de drenagem em duas áreas de solos diferentes. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 2: 204-209.

- CARVALHO, W. A. 1981. Relações entre relevo e solos da bacia do Rio Capivara - Município de Botucatu-SP. Tese (Livre Docência) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 181 p.
- CRUCIANI, D. E. 1989. *A drenagem na agricultura*. Livraria Nobel. São Paulo, Brasil. 337 p.
- DAVIDE, A. C., S. A. BOTELHO, J. M. R. FARIA y N. J. S. PRADO. 1996. Comportamento de espécies florestais de mata ciliar em área de depleção do reservatório da usina hidrelétrica de Camargos-Itutinga-MG. *Revista Cerne* 2(1): 1-14.
- FRANÇA, G. V. de. 1968. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba. Brasil. 151 p.
- HORTON, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am. Colorado* 56(3): 275-370.
- JAIMES, E. J. C., J. G. M. MENDOZA, Y. T. G. RAMOS y N. M. C. PINEDA. 2006. Metodología multifactorial y participativa para evaluar el deterioro agroecológico y ambiental de dos sub-cuencas en el Estado Trujillo, Venezuela. *Interciencia* 31(10): 720-727.
- JAIMES, E. J. C., J. G. M. MENDOZA, N. M. C. PINEDA y Y. T. G. RAMOS. 2007. Sistematización de procesos para el análisis del deterioro agroecológico y ambiental en cuencas hidrográficas. *Interciencia* 32(7): 437-444.
- LIMA, W. P. 1986. *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, USP. Brasil. 241 p.
- LIMA, W. P. 1999. A microbacia e o desenvolvimento sustentável. *Ação Ambiental* 1(3): 20-22.
- LIMA, W. P. 2006. As florestas plantadas e a água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. 01 ed. São Carlos-SP: Rima Editora, 2006, v. 01, 9-28.p.
- RODRIGUES, V. A. 2006. Recuperação de nascentes em microbacia da cuesta de Botucatu. In: *Manejo de Microbacias Hidrográficas, experiências nacionais e internacionais*. Fepaf, FCA, Botucatu. 5-28 pp.
- RODRIGUES, V. A. y W. A. CARVALHO. 2009. Morfometria da microbacia do córrego Água Limpa. *Série Registros Instituto Florestal* (39): 15-24 p.
- SCHUMM, S. 1956. An Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Am.* 67: 597-645.
- SMITH, K. G. 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *Am. J. Sci.* 248: 655-658.
- STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union* 38: 913-920.