

## ASSOREAMENTO DE LAGO NA SUB-BACIA DO CÓRREGO DA CASCATAS, EM BOTUCATU (SP): IMPLICAÇÕES MORFOMÉTRICAS

**Ivalde Belluta**

Doutor em Agronomia - UNESP, Botucatu – SP  
[ibelluta@ibb.unesp.br](mailto:ibelluta@ibb.unesp.br)

**Sílvio Alexandre de Jesus**

Engenheiro Florestal - UNESP, Botucatu – SP  
ONG SOS CUESTA  
[silvioaj@hotmail.com](mailto:silvioaj@hotmail.com)

**Márcio Piedade Vieira**

Agrônomo - UNESP, Botucatu – SP  
ONG SOS CUESTA  
[soscuesta@soscuesta.org.br](mailto:soscuesta@soscuesta.org.br)

**Nelita Maria Corrêa**

Veterinária - UNESP, Botucatu – SP  
ONG SOS CUESTA  
[soscuesta@soscuesta.org.br](mailto:soscuesta@soscuesta.org.br)

**Lincoln Gehring Cardoso**

Professor da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu – SP  
[cardosolg@fca.unesp.br](mailto:cardosolg@fca.unesp.br)

**Sérgio Campos**

Professor da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu – SP  
[seca@fca.unesp.br](mailto:seca@fca.unesp.br)

**José Pedro Serra Valente**

Professor do Instituto de Biociências - UNESP, Botucatu – SP  
[jpedro@ibb.unesp.br](mailto:jpedro@ibb.unesp.br)

### RESUMO

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade de estudo, planejamento e gerenciamento territorial, e é moldada pelas condições geológicas e climáticas locais. Assim, este estudo teve por objetivo avaliar as características morfométricas da sub-bacia do Córrego da Cascata, em Botucatu (SP), e suas implicações no processo de assoreamento de um lago. Os índices gerados a partir de dados calculados com base cartográfica digitalizada e georreferenciada na escala 1:10.000, com utilização do AutoCAD Map 2004; o *software* Quantum GIS 1.8, para gerar o modelo digital de elevação (MDE) e o mapa de declividades que permitiu obter a declividade média (Dm) da sub-bacia. Através dos índices fator de forma (Kf), sinuosidade (Is), circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc), a sub-bacia apresentou forma alongada, com baixa propensão a enchentes e com escoamento rápido. A densidade de drenagem (Dd) e relação de relevo (Rr) indicaram drenagem média e mais eficiente, o que favorece a elevada dissecação e o médio estágio erosivo. O coeficiente de rugosidade (Cr) indicou sub-bacia vocacionada à agricultura. A intervenção antrópica na linha do divisor de águas é o principal fator do carreamento de sedimentos no lago e não apenas compromete a beleza paisagística do local como altera a vida aquática do ecossistema.

**Palavras-chave:** Sub-bacia hidrográfica. Assoreamento. Sedimento.

---

Recebido em 06/03/2013

Aprovado para publicação em 27/01/2014

## SILTATION IN A LAKE AT THE SUBWATERSHED OF CASCATA STREAM, IN BOTUCATU (SP): MORPHOMETRIC IMPLICATIONS

### ABSTRACT

The watershed is considered a unit of territorial study, planning and land management, and is molded by the local geologic conditions and climate. Thus, this study aimed to assess the morphometric features of the subwatershed of Cascata Stream, in Botucatu (SP), and their implications for the siltation process in a lake. The assessment included indexes generated from data calculated by means of a digitalized cartographic basis georeferenced on the 1:10,000 scale using the software AutoCad map 2004. The software Quantum GIS 1.8 was also employed to generate the digital elevation model (DEM) and the map of declivities which led to the mean declivity (Dm) of the subwatershed. According to the indexes form factor (Kf), sinuosity (Is), circularity (Ic) and compacity coefficient (Kc), the subwatershed had elongated form, low propensity to floods and rapid flow. The draining density (Dd) and relief ratio (Rr) indicated more efficient mean drainage, favoring higher desiccation and mean erosive stage. The roughness coefficient (Cr) indicated that this subwatershed is suited to agriculture. The anthropic intervention at the watershed dividing line is the major factor for sediment carrying in the lake and compromises not only the landscape beauty, but also the aquatic life of this ecosystem.

**Key words:** Sub-watershed. Siltation. Sediment.

---

### INTRODUÇÃO

A sub-bacia do Córrego da Cascata localiza-se em uma região que se destaca por seus atributos de patrimônio ambiental e histórico, com morros testemunhos, cachoeiras e áreas remanescentes de floresta, o que favorece o turismo no local. É cortada pela Rodovia Domingos Sartori, principal via de circulação entre a cidade de Botucatu e o distrito de Rubião Júnior, incluindo o *Campus* da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Unesp. Por essa rodovia trafegam diariamente, em média, 13.254 veículos, segundo dados da empresa concessionária Rodovias do Tietê.

No primeiro terço da sub-bacia do Córrego da Cascata, há um lago em adiantado processo de assoreamento, localizado às margens da Rodovia Domingos Sartori, em frente à entrada principal de um conjunto residencial.

No período de maior pluviosidade local, observa-se grande arraste de sedimentos oriundos da cabeceira da sub-bacia, onde a vegetação arbórea é escassa e há predomínio de pastagem, com sinais de erosão laminar que atingem as principais nascentes e o entorno do córrego devido à ausência da mata ripária. Nas áreas próximas ao divisor de águas (Morro de Rubião Júnior), estão presentes loteamentos, estradas de terra, além da influência da Rodovia Domingos Sartori. De acordo com Agência Nacional de Águas - ANA (2012), nas áreas do entorno de rodovias, o gerenciamento do transporte rodoviário é preocupante, pois, desde 2006, os relatórios de acidentes ambientais apontam o transporte de produtos perigosos como o maior causador de acidentes com transtorno em ecossistemas aquáticos e abastecimento de água.

Considerando que o Córrego da Cascata vem passando por intensa transformação ambiental nos últimos anos, e dada a importância de sua sub-bacia para o município de Botucatu, são necessárias ações de recuperação das áreas atingidas por processos erosivos e de assoreamento, bem como a recomposição da mata ripária, imprescindível para a manutenção do meio ambiente.

Uma bacia hidrográfica ou de drenagem é considerada uma das principais unidades de estudo, planejamento e gerenciamento territorial para a conservação dos recursos naturais. As bacias hidrográficas são moldadas pelas condições geológicas e climáticas locais. De acordo com Lima

(1986), trata-se um sistema geomorfológico aberto, e, como tal, encontra-se, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação e em um estado de equilíbrio transacional ou dinâmico.

Na definição de Silva et al. (2007), bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, em determinado ponto de um canal fluvial. Para Tonello et al. (2006), a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço. Desse modo, a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação.

O solo, formado por processos físicos, químicos e/ou biológicos, tem como agentes de sua formação o clima, os fatores topográficos e a comunidade biótica e é transportado pela água, pelo vento, pelo gelo e/ou pela fauna (SILVA et al., 2007). Assim, de acordo com Martins et al. (2011), o deflúvio ocorre a partir da chuva que, caindo sobre o solo saturado de umidade ou impermeável, escoar pela sua superfície formando sucessivamente enxurradas ou torrentes, córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação.

A deterioração do meio ambiente, o assoreamento e a poluição do curso e dos espelhos de água trazem prejuízos para a saúde humana e animal, para a vida aquática e para as vias públicas, com a destruição de estradas, pontes e bueiros. Frequentemente é ignorado o impacto dos deslocamentos de grandes volumes de sedimentos para os fundos de vale onde se destacam os assoreamentos (SILVA et al., 2007).

A cobertura do solo sob condições naturais, as copas das árvores, a vegetação de sub-bosque e a serapilheira de uma floresta fazem o papel de “amortecedor” da energia cinética contida na gota d’água no contato com as partículas do solo, evitando o primeiro passo do processo erosivo (SILVA et al., 2007). A substituição de áreas florestais pelo uso agrícola e pela pastagem aumenta a exposição do solo ao intemperismo. Exposto à erosão, o terreno perde gradativamente a camada mais fértil da superfície, amplia-se a sua área de contato com a água e, conseqüentemente, aumenta o volume de sedimentos transportados para os leitos fluviais devido ao fluxo superficial. O mau uso do solo, decorrente de práticas agrícolas inadequadas, atinge expressivamente uma vasta proporção ambiental, porém os maiores impactos são percebidos nos corpos d’água, quando comparados com os demais subsistemas (FERREIRA et al., 2012).

Para que seja possível realizar um diagnóstico, Silva (2010) revela que o manejo está entendido como sendo ações humanas fundamentadas em preceitos técnicos/científicos que, atuando direta ou indiretamente em determinado trecho do curso de um rio, nas cabeceiras de drenagem ou numa bacia hidrográfica, têm como finalidade minimizar, reverter ou controlar processos antrópicos ou naturais que tenham gerado ou estejam gerando efeitos negativos sobre as águas fluviais, a dinâmica fluvial ou a biota do ambiente fluvial.

Nesse contexto, estudar a morfometria da sub-bacia do Córrego da Cascata é importante para compreender os fenômenos naturais e antrópicos observados e, posteriormente, traçar metas e estratégias para reverter o impacto ambiental causado pelo carreamento dos sedimentos. Assim, este trabalho apresenta dados importantes acerca da dinâmica da sub-bacia hidrográfica do Córrego da Cascata, como, por exemplo, a velocidade do deflúvio, a maior ou menor susceptibilidade a erosões e cheias, o potencial hídrico da bacia, dentre outros. A análise desses dados tem por objetivo avaliar as principais características morfológicas da região e sua relação com o processo de assoreamento do lago integrante da sub-bacia do Córrego da Cascata.

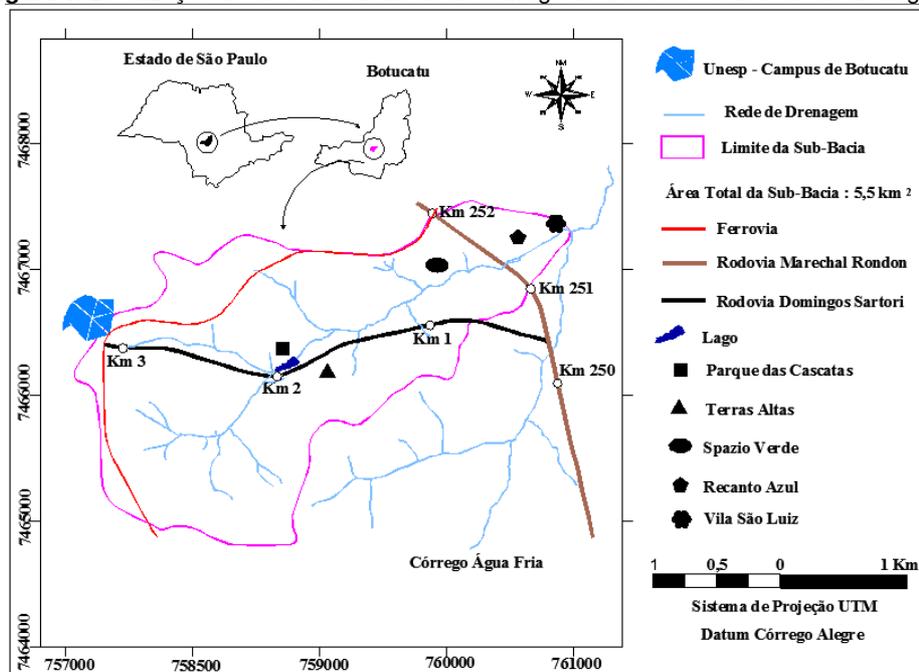
## MATERIAIS E MÉTODO

### Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na sub-bacia do Córrego da Cascata, localizada na região oeste do município de Botucatu (SP), junto ao *Campus* da Unesp, no distrito de Rubião Júnior e nos limites da linha da estrada de ferro, ao norte, e o bairro Recanto Azul e a vila São Luiz, a leste, sendo

cortada transversalmente pela Rodovia Marechal Rondon e longitudinalmente pela Rodovia Domingos Sartori. A sub-bacia está inserida na bacia do Rio Tietê, situada na zona 22S entre as coordenadas planas e pelo Sistema de Projeção UTM (X) 769.612,1249 e (Y) 7.467.100,0164 e (X) 775.475,5390 e 7.468.800,9402, com uma área total de 5,55km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da área da sub-bacia do Córrego da Cascata e sua rede de drenagem.



O ponto mais alto da sub-bacia do Córrego da Cascata, o Morro de Rubião Júnior, com 920 m de altitude (SOSCUESTA, 2013), está sobre o principal divisor de águas das bacias hidrográficas do Paranapanema e do Tietê, e, no lado oposto ao da igreja de Santo Antônio de Pádua, está a cabeceira da sub-bacia, com a primeira nascente e a primeira cachoeira. À jusante forma-se o lago do Parque das Cascatas, no km 2 da Rodovia Domingos Sartori (coordenadas UTM: X = 772.159,1923 e Y = 7.467.210,8670), que está em processo de assoreamento.

Na foz do córrego da confluência do Córrego Água Fria até sua foz, está o Rio Lavapés, até atingir a represa de Barra Bonita, no Rio Tietê. O córrego principal percorre 4,76 km da nascente à sua foz entre propriedades rurais de pequeno porte e condomínios residenciais. No seu terço final, adentra numa área onde se concentra a maior parte da população de Botucatu, o bairro Recanto Azul e a vila São Luiz. As principais nascentes com significativo volume de água brotando do solo foram observados *in loco* pela ONG SOS Cuesta de Botucatu (2013). No total, o córrego conta com 13 nascentes, sendo 8 localizadas na margem esquerda e 5 na margem direita.

Os solos da região de Botucatu apresentam média capacidade de retenção de água, baixa fertilidade e erosão moderada. O tipo predominante (44%) é o regossolo "intergrade" para podzólico vermelho-amarelo e "intergrade" para latossolo vermelho-amarelo, o RPvRLv, caracterizado por textura arenosa média e relevo suave ondulado. Em 32% do território municipal ocorre o chamado podzólico vermelho-amarelo, fase arenosa (Lva), com textura arenosa e relevo suave ondulado, e em 13,5%, a terra-roxa legítima (LR) (SOUZA et al., 2003) com textura argilosa.

As condições de relevo de Botucatu são bastante diversas, e a posição geográfica do município, próximo ao Trópico de Capricórnio, contribui para dificultar o estabelecimento de um tipo climático padrão. Contudo, segundo estudo de Köppen, alguns autores classificam o clima como mesotérmico,

atribuindo-lhe a designação Cfa (chuvas relativamente abundantes (1.250 mm) e certas características de um regime litorâneo). No entanto, o clima de Botucatu apresenta também características continentais, o que sugeriria tipo climático tropical de altitude, identificado como Cwa. O município está sob a ação de três grandes massas de ar que atuam diretamente na região Centro-Sul do Brasil: a Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Polar Atlântica (SOUZA et al., 2003).

### Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica

A análise morfométrica da sub-bacia do Córrego da Cascata foi realizada a partir de dados sobre a rede de drenagem e de relevo. Foram utilizadas as cartas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000, projeção UTM, Datum Córrego Alegre.

As medidas de base (área - A, perímetro - P, comprimento total da rede de drenagem - Ct, Comprimento do rio principal - Lp, comprimento do rio em linha reta - Lr, comprimento axial - L) foram obtidas com o *software* AutoCAD Map 2004, a partir de mapas digitalizados contendo as curvas de nível e a rede de drenagem. As variáveis e as fórmulas para a obtenção dos parâmetros estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características morfométricas dimensionais do padrão de drenagem e do relevo, fórmulas e fontes das variáveis estudadas na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Cascata.

DADOS BÁSICOS DE CARACTERIZAÇÃO DE UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA			
Parâmetros	Fórmula	Descrição	Referências
Área da bacia (A)		A = Superfície total da sub-bacia	(HORTON, 1945)
Perímetro (P)		P = Comprimento do divisor topográfico	(SMITH, 1950)
Comprimento axial (L)		L = Comprimento em linha reta	(SCHUMM, 1956)
Comprimento total de rede de drenagem (Ct)		Ct = Comprimento total dos seguimentos	(HORTON, 1945)
CARACTERIZAÇÃO DE DRENAGEM E DE FORMA DA SUB-BACIA			
Índice de sinuosidade	$Is = \frac{Pp}{Lr}$	Pp = Comprimento do rio principal Lr = Comprimento do rio em linha reta	(VILLELA; MATTOS, 1975)
Coef. compacidade (Kc)	$Kc = \frac{0,28 \cdot P}{A^{1/2}}$	Kc = Relação entre perímetro e círculo de área igual à da sub-bacia	(VILLELA; MATTOS, 1975)
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	A = Área da sub-bacia L = Comprimento axial da sub-bacia	(VILLELA; MATTOS, 1975)
Índ. de circularidade (Ic)	$Ic = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{C^2}$	A = área da bacia e C = P = Perímetro	(CHRISTOFOLETTI, 1980)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{L_t}{A}$	Lt = Comprimento total de canais A = Área da sub-bacia	(CHRISTOFOLETTI, 1969)
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{N_t}{A}$	Nt = número total de canais A = Área da sub-bacia	(CHRISTOFOLETTI, 1969)
CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO			
Relação de relevo (Rr)	$Rr = \frac{H}{L}$	H = Amplitude altimétrica máxima L = Comprimento do rio principal	(SCHUMM, 1956)
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = H \cdot Dd$	H = Amplitude altimétrica (km)	(CHRISTOFOLETTI, 1980)
Coef. de rugosidade (Cr)	$Cr = Dm \cdot Dd$	Dm = declividade média (%)	(ROCHA, 1991)

Utilizando o *software* Quantum GIS 1.8, foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) a partir da interpolação das curvas de nível digitalizadas e georeferenciadas. Do MDE, foi gerado um mapa de declividades que permitiu obter a declividade média da bacia (Dm).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Morfometria da sub-bacia do Córrego da Cascata

As características morfométricas relativas à drenagem e ao relevo refletem algumas propriedades do terreno, como a infiltração e o deflúvio das águas das chuvas, e também expressam estreita relação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre (SILVA et al., 2010).

Os parâmetros morfológicos do padrão de drenagem e de relevo analisados na sub-bacia do Córrego da Cascata estão listados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados básicos de caracterização da sub-bacia do Córrego da Cascata.

Dados básicos	Parâmetros	Sigla	Unidades	Sub-bacia do Córrego da Cascata
Dados preliminares das sub-bacias	Área	A	km <sup>2</sup>	5,55
	Perímetro	P	km	11,47
	Comprimento axial	L	km	4,21
	Comprimento total da rede de drenagem	Ct	km	11,31
	Comprimento do rio principal	Lp	km	4,76
	Comprimento do rio em linha reta	Lr	km	3,71
	Declividade média	Dm	%	9,53
	Número de canais	Nc		19
	Altitude máxima	AM	m	895
	Altitude mínima	Am	m	770
	Amplitude altimétrica	H	m	125
Hierarquia fluvial	W		3 <sup>a</sup>	

A análise dos parâmetros morfológicos mostrou que a sub-bacia do Córrego da Cascata apresenta hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> ordem (STRAHLER, 1957); forma alongada ou elíptica, com baixa propensão a enchentes sazonais e menor risco de inundação e escoamento superficial rápido, como mostram os resultados para  $I_s$ ,  $K_c$ ,  $I_c$ ,  $K_f$  (Tabela 3). Para uma abordagem comparativa entre sub-bacias hidrográficas, foram utilizados resultados de análises morfológicas de características semelhantes (geometria, relevo e rede de drenagem) obtidos por Teodoro et al. (2007), Tonello et al. (2006), Belluta (2008), Torres et al. (2011) e Nardini et al. (2013), que caracterizam morfologicamente a sub-bacia do Córrego de Marivan, em Araraquara (SP), a bacia da Cachoeira das Pombas, em Guanães (MG), a sub-bacia do Córrego do Cintra, em Botucatu (SP), do Córrego Barreiro, em Uberaba (MG), e do Ribeirão Água Fria, em Bofete (SP), respectivamente.

De acordo com Villela e Mattos (1975), a hierarquia fluvial indica o grau de ramificação da rede de drenagem e a velocidade com que a água deixa a sub-bacia. Os valores do  $I_s$  estão próximos da unidade e demonstram ser menores os impedimentos naturais do rio principal. De acordo com Antoneli e Thomaz (2007), esse tipo de canal é influenciado pelo maior transporte de sedimentos, pelo tipo de solo, pela estrutura geológica e pela sua declividade.

Quanto aos dados obtidos de  $I_s$ , Silva et al. (2009) revelam ser um controlador da velocidade de escoamento superficial. Os valores próximos da unidade seguem exatamente a linha de talvegue, apresentando menor grau de sinuosidade. Segundo Schumm (1963), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo; já os valores superiores a 2,0 indicam que os canais tendem a ser tortuosos; e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Na análise da sub-bacia do Córrego da Cascata, foi obtido o índice 1,28, o que indica que o canal principal tende a ser transicional entre canais sinuosos e retilíneos. Esse valor, associado ao do índice  $D_m$  (9,53%), indica que a água escoar lentamente, com menos possibilidade de ocorrência de processos erosivos no leito e na margem do córrego. Na terça parte final da sub-bacia do Córrego da Cascata (Figura 1), há presença de áreas de inundação, onde os canais apresentaram uma sinuosidade maior.

O índice  $K_c$  obtido é superior à unidade, e o  $K_f$  é inferior a ela. Os valores obtidos nesses índices indicam que a sub-bacia apresenta forma alongada, o que promove a aptidão ao maior potencial do escoamento superficial e a não propensão a enchentes, nas condições normais de precipitação pluviométrica sobre a área total da sub-bacia. Tonello et al. (2006) citam que a forma da sub-bacia é

importante na determinação do tempo necessário para que toda a sub-bacia contribua para a saída da água da chuva após a precipitação. Assim, desconsiderando os efeitos da ação antrópica nas áreas de cabeceira ou próximas do divisor de águas, a tendência natural da sub-bacia em estudo é ao menor risco de assoreamento dos cursos d'água e de degradação da rede de drenagem.

Os valores padrão do  $I_c$ , ao contrário dos do  $I_s$ , são bem inferiores à unidade, tendendo também à forma mais alongada para a sub-bacia do Córrego da Cascata (Tabela 3). De acordo com Schumm (1956), bacias que apresentam  $I_c$  igual a 0,51 representam um nível moderado de escoamento, não contribuindo para a concentração de águas que possibilite cheias rápidas. Já os valores maiores que 0,51 e tendendo à unidade indicam forma cada vez mais circular, favorecendo os processos de inundação. Valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento.

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) para a sub-bacia do Córrego da Cascata (Tabela 3) foi considerada média ( $2,04 \text{ km.km}^{-2}$ ) por estar entre 1,5 e 2,5 (HORTON, 1945). No estudo de Tonello et al. (2006), a  $D_d$  foi de  $1,05 \text{ km.km}^{-2}$ ; no de Belluta (2008), foi de  $1,10 \text{ km.km}^{-2}$ ; no de Nardini et al. (2013), o valor desse índice foi de  $1,04 \text{ km.km}^{-2}$ ; e no de Torres et al. (2011), o valor foi menor ainda ( $0,84 \text{ km.km}^{-2}$ ). O estudo de Teodoro et al. (2007) registrou  $D_d$  igual a  $0,68 \text{ km.km}^{-2}$ . Esses valores podem indicar a maior incidência de enchentes na área da sub-bacia devido à baixa distribuição da precipitação pluviométrica sobre a área de abrangência. A  $D_d$  da sub-bacia do Córrego da Cascata mostra a relação do comprimento de rios e a área da bacia indicando maior contato do fluxo de água da chuva no solo até chegar no canal e boa infiltração para o lençol freático, o que favorece também a menor propensão a inundação. De acordo com Castro e Carvalho (2009), quanto maior o valor da  $D_d$ , menor é a capacidade de infiltração da água, mais intenso é o processo erosivo, maior é a dissecação, pois esta relaciona-se diretamente à maior vazão em seu curso principal e eficiência no transporte de sedimentos.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros gerados a partir dos dados básicos que definem o padrão de forma e as características do relevo da sub-bacia.

**Tabela 3.** Parâmetros morfométricos da sub-bacia do Córrego da Cascata.

	Parâmetros	Unidades	Sub-bacia do Córrego da Cascata
Parâmetros morfométricos da sub-bacia	$I_s$	-	1,28
	$K_c$	-	1,36
	$K_f$	-	0,31
	$I_c$	-	0,53
	$D_d$	$\text{km.km}^{-2}$	2,04
	$D_h$	$\text{canais.km}^{-2}$	3,45
	$R_r$	$\text{m.km}^{-1}$	26,26
	$I_r$	$\text{m}^2$	255
	$C_r$		19,42

A variável  $D_h$  mostrou que a sub-bacia do Córrego da Cascata possui três canais e meio por  $\text{km}^2$  (Tabela 3). Esses dados representam também o comportamento hidrográfico da sub-bacia (HORTON, 1945) em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. Lana (2001) apud Pinto Júnior e Rossete (2005), afirma que a  $D_h$  acima de  $2 \text{ canais/km}^2$ , tem grande capacidade de gerar novos cursos d'água. Segundo Tonello et al. (2006), Santos e Sobreira (2008), Silva et al. (2009), Silva et al. (2010) e Zanata et al. (2011), os valores baixos dos parâmetros relativos à drenagem estão geralmente associados à geologia dominada por substrato predominante de arenitos, associados a regiões de rochas permeáveis, o que facilita a infiltração da água no lençol freático e diminui o escoamento superficial e o risco de erosão. Segundo a SOS Cuesta (2013), a sub-bacia do Córrego da Cascata apresenta diferentes tipos de solos, com variações que vão do bem arenoso até o muito arenoso. Essa informação coincide com o observado por Souza et al. (2003) a respeito do tipo de solo do município. Constata-se que as

características do solo estão contribuindo para o assoreamento do lago localizado no km 2 da Rodovia Domingos Sartori, em frente ao Residencial Parque das Cascatas. De acordo com Silva et al. (2007), nos solos arenosos, a presença de matéria orgânica, normalmente 4% do solo, melhora a aglutinação das partículas, firmando a estrutura, diminuindo o tamanho dos poros e aumentando a capacidade de retenção de água. Segundo Prusk (2009), diferente do que ocorre nos solos argilosos, a taxa de infiltração de solos arenosos é muito maior e possibilita a infiltração da água proveniente do escoamento superficial.

A medida da Dm determina a maior ou a menor velocidade de escoamento da água superficial, associada à cobertura vegetal, ao tipo e ao uso do solo (SILVA et al., 2010). A medida de relevo encontrada para a sub-bacia em estudo (Tabela 2) está dentro da faixa suave-ondulado (3 a 6%) a ondulado (12 a 20%), de acordo com a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2006). Os estudos de Araújo Júnior et al., (2002) e Silva (2011), realizados em várias sub-bacias do município de Botucatu, confirmam essas variações de altitude. Ainda que baixas, as declividades contribuem para o processo erosivo e o transporte de sedimentos para os cursos d'água. Esses efeitos podem ser minimizados ou não em função do uso e da cobertura do solo.

A Dm da bacia da Cachoeira das Pombas (TONELLO et al., 2006) caracteriza o relevo na classe forte-ondulado, com 33,9% de declividade. Esse valor é superior aos encontrados nos trabalhos de referência utilizados para comparação no presente estudo (BELLUTA, 2008; TORRES et al., 2011 e NARDINI et al., 2013), que estavam entre as faixas de suave a ondulado (5,93% a 15,4%). Isso significa que a alta declividade da bacia da Cachoeira das Pombas conduzirá à maior velocidade de escoamento superficial, com menor quantidade de água armazenada no solo, e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia a grande risco de erosão. O inverso ocorrerá na bacia do Ribeirão Salobra, em Terena (MS) (OLIVEIRA et al., 2010), onde a Dm obtida foi menor por dois modelos diferentes, que variaram de 1,69 a 3,73%, cujo relevo foi classificado entre plano e levemente ondulado, ou seja, propício à baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação pluviométrica.

A determinação da amplitude altimétrica ("H"), ou a diferença entre as cotas altimétricas máxima e mínima, foi fundamental para a determinação dos padrões de Rr e o Ir. De acordo com Castro e Carvalho (2009), quanto maior é o "H" maior é o grau de dissecação da sub-bacia, o que favorece a maior perda de água e de sedimentos por meio do escoamento rápido. No estudo de Tonello et al. (2006), o "H" foi de 453 m; no de Nardini et al. (2013), foi de 471 m; nos de Teodoro et al. (2007), Belluta (2008) e Torres et al. (2011), foram significativamente menores: 70, 115 e 140 m, respectivamente.

O Rr refere-se à relação entre o "H" e o comprimento principal do rio (L). Nesse aspecto, a bacia da Cachoeira das Pombas caracteriza escoamento extremamente acentuado, pois apresentou o maior valor de Rr ( $140 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$ ) em virtude do reduzido comprimento do rio principal. Nos estudos de Teodoro et al. (2007), Belluta (2008), Torres et al. (2011) e Nardini et al. (2013), os valores variaram de  $20,68$  a  $51,09 \text{ m} \cdot \text{km}^{-1}$ , com relevo predominantemente baixo e estável, como também ocorreu nas sub-bacias de mesmo perfil estudadas por Santos e Sobreira (2008).

O Ir é maior quando o "H" e a Dd são altos, por serem diretamente proporcionais. Quando as vertentes são íngremes e longas, são também mais declivosas (CHRISTOFOLETTI, 1981). No caso da sub-bacia do Córrego da Cascata, o Ir variou consideravelmente em relação ao Dd, mas pouco variou em relação ao "H", pois quanto maior é o valor do Ir mais íngremes e mais disseçadas são as vertentes. A medida de Dd é maior ( $2,04 \text{ km/km}^2$ ) na sub-bacia do Córrego da Cascata, com Ir igual a 255,0 (H = 125 m) em relação à sub-bacia do Córrego Marivan (TEODORO et al., 2007), que apresentou Ir igual a 47,6 (H = 70m). Na sub-bacia do Córrego do Cintra (BELLUTA, 2008), a Dd foi igual a  $1,10 \text{ km/km}^2$ , com Ir de 126; na sub-bacia do Córrego Barreiro (TORRES et al., 2011), o Ir foi 117 (H = 140 e Dd =  $0,84 \text{ km/km}^2$ ). Já a bacia da Cachoeira das Pombas (TONELLO et al., 2006) e a sub-bacia do Ribeirão Água Fria (NARDINI et al., 2013),

apresentaram valores 475 e 489, respectivamente, devido ao elevado “H”; por isso, podem ser consideradas bacias mais dissecadas.

O Cr direciona o uso potencial do solo em sub-bacias hidrográficas. Com exceção do estudo de Tonello et al. (2006), que apresentou Cr igual a 35,56 em virtude de sua alta Dm (33,9%), o relevo é bastante declivoso e com vocação para a classe B (pastagem/pecuária). Os índices dos demais estudos comparados (BELLUTA, 2008; TORRES et al., 2011 e NARDINI et al., 2013) foram baixos e inferiores a 23, com vocação para a classe A (agricultura). De acordo com os estudos de Pissarra et al. (2004), são áreas com solos destinados à agricultura e é um índice não exclusivista, possibilitando outros usos dentro da sub-bacia. O Cr obtido no estudo de Machado et al. (2011) também foi considerado baixo (5,5) e relaciona-se aos parâmetros hidrológicos com maior infiltração da água no lençol freático, maior umidade do solo, regulação do tempo do escoamento superficial e baixa concentração da água das chuvas no canal principal.

A análise morfológica da sub-bacia do Córrego da Cascata e a utilização de dados obtidos em estudos de outras bacias serviram de parâmetros de comparação dos dados e contribuíram para uma melhor compreensão da sua dinâmica superficial. As diferenças entre os parâmetros relativos ao relevo e à drenagem foram moldadas pela natureza, apesar de sofrerem flutuações constantes em condições normais de pluviosidade. Assim, essas diferenças mostram que a sub-bacia do Córrego da Cascata está em equilíbrio, mas vulnerável às intervenções antrópicas no que diz respeito à prática do uso e à ocupação do solo. O assoreamento do lago pode ser considerado resultado temporal dessas intervenções, devido ao carreamento de sedimentos oriundos das áreas antrópicas. Segundo Silva et al. (2009), as características de uma sub-bacia são de origem geomorfológica, em que o tipo de solo, o relevo e o clima são os principais agentes; porém, com a atividade antrópica na região, essas características poderão se modificar cada vez mais.

#### **Avaliação e diagnóstico do processo de assoreamento do lago no Córrego da Cascata**

O estudo da caracterização morfológica de sub-bacias hidrográficas tem grande importância na avaliação do seu comportamento hidrológico. Quando se estabelecem relações e comparações entre dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados (VILLELA; MATTOS, 1975). Em função do desenvolvimento populacional, a estrutura física das bacias urbanizadas tem sido alterada de acordo com o uso e a ocupação do solo, que, por sua vez, são modelados também pelas condições geológicas e climáticas locais. Essas alterações provocam efeitos na produção e no transporte de sedimentos, no regime hídrico e na estrutura dos canais, podendo levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Nesse contexto, os parâmetros morfológicos da sub-bacia do Córrego da Cascata, em comparação com os de outras sub-bacias (TEODORO et al., 2007; TONELLO et al., 2006; BELLUTA, 2008; TORRES et al., 2011 e NARDINI et al., 2013), inferem apresentar de baixo a médio grau de susceptibilidade e vulnerabilidade à erosão e à degradação ambiental. No entanto, quando submetidas a intervenções antrópicas, as bacias hidrográficas tendem a se tornar mais vulneráveis. O uso e a ocupação do solo (pastagem, agricultura), a ausência de mata ripária, a presença de erosões na cabeceira da sub-bacia e as alterações ocorridas na rodovia pavimentada e nas estradas de terra são indícios dessas intervenções.

Estudos de suscetibilidade à erosão laminar na bacia do Rio Manso (MT) mostraram que 80% das áreas da bacia apresentam baixo potencial erosivo; 16%, médio potencial; e 2%, alto potencial. As classes média e alta são caracterizadas pelo relevo escarpado e pela localização nas bordas das bacias e com presença de solos nus, agricultura e pastagem. Estes promovem maior produção de sedimentos, que são carreados até o reservatório localizado à jusante (XAVIER et al., 2010). De acordo com Lelis et al. (2010), em seu estudo da bacia de São Bartolomeu, em Viçosa (MG), observou-se maior impacto em termos de produção de sedimentos nas áreas de cabeceira e com a presença de pastagem. O estudo concluiu que, ao substituir a pastagem por reflorestamento, a perda de solos é reduzida em quatro vezes.

Na Figura 2 observa-se o resultado da perda de solos em áreas de cabeceira ou próximas do divisor de águas. Estudos da SOS Cuesta (2013) estimam que a área de superfície assoreada do lago (indicada em cinza-escuro na Figura 2B) na sub-bacia do Córrego da Cascata é de  $1.756 \text{ m}^2$ , e o assoreamento subaquático (cinza-claro) tem uma coluna de água de 0,4 a 1,8 m de altura e área aproximada de  $4.288 \text{ m}^2$ . A coluna de água do lago deveria ter de 2 a 4 m de profundidade, segundo planta original de reconstrução, realizada em 1999 pelo Departamento de Estradas de Rodagem - DER. Com um cálculo aproximado do volume de terra deslocado das partes mais altas da sub-bacia, constatou-se que cerca de  $7.500 \text{ m}^3$  de sedimentos foram arrastados para dentro do lago.

A sub-bacia do Córrego da Cascata e o lago assoreado são mostrados na Figura 2AB. Pode-se observar as áreas urbanas no entorno do divisor de águas da sub-bacia, bem como o entorno do lago e a Rodovia Domingos Sartori.

**Figura 2.** Foto aérea da sub-bacia do Córrego da Cascata (A) e lago assoreado (B).



Fonte: SOS Cuesta (2013).

Observou-se, também, que a Rodovia Domingos Sartori contribuiu para o assoreamento do lago, principalmente após a sua duplicação, em 1999, e no período de chuvas intensas ocorrido em janeiro de 2011. A alta pluviosidade tornou o terreno instável, provocando carreamento de solo do talude da parte alta da rodovia, sentido Unesp-cidade (Figura 3). Hoje essas áreas no entorno da rodovia parecem apresentar talude estável após repovoamento de eucaliptos e gramíneas, mas precisam ser recuperadas. Para Silva et al. (2007), a erosão de estradas é progressiva e tem ocasionado assoreamento de rodovias e obstrução dos sistemas de drenagem. Pode também provocar instabilidade na superfície inclinada na base de morros ou encostas (taludes), condicionando movimento de massa e contribuindo para a degradação da paisagem.

**Figura 3.** Instabilidade do solo no talude da Rodovia Domingos Sartori, no sentido Unesp-cidade.



Nas estradas não pavimentadas e desprovidas de guias/sarjetas nas áreas urbanas localizadas na cabeceira da sub-bacia (Parque Santo Antonio da Cascatinha, distrito de Rubião Júnior), apresentam também fortes indícios de sua contribuição no assoreamento do lago (Figura 4A). Conforme lembra Prusk (2009), ações para controle de erosão em estradas não pavimentadas são previstas como parte do planejamento conservacionista em uma bacia hidrográfica. No relato da SOS Cuesta (2013), nessa área existe um loteamento em processo de urbanização e ruas não pavimentadas, sem manutenção e com arraste de solo e lixo para dentro da sub-bacia, até mesmo para dentro do córrego. O mesmo ocorre nas ruas com pequenas erosões em fase inicial e nas áreas adjacentes (pastagem).

Foram encontrados sinais de erosão e assoreamento também em uma área de nascentes (Figura 4BC) (SOSCUESTA, 2013). Embora classificadas como Área de Preservação Permanente (APP), essas áreas estão assoreadas e desprovidas de mata ripária. Em análise multitemporal em erosão laminar realizada em sub-bacias do Paraná, a ocupação humana no traçado das margens fluviais representou um fator agravante no progresso da erosão e do assoreamento no leito de rios e lagos (FERREIRA et al., 2012).

**Figura 4.** Foto A. Via não pavimentada com arraste de solo; Foto B. Erosão em uma das nascentes sem mata ripária. Foto C. Nascente assoreada.



Dessa maneira, o histórico da ação antrópica na cabeceira da sub-bacia do Córrego da Cascata, na linha do divisor de águas, revela preocupação e urgência de medidas de contenção para minimizar os efeitos hidrológicos e o deslocamento de sedimentos em direção ao lago.

As práticas mecânicas ou conservacionistas são as mais importantes e mais indicadas nesse processo por serem destinadas à retenção e à infiltração do escoamento superficial. Entre elas estão os sistemas de terraceamento em nível, as bacias de acumulação semicirculares, as galerias de águas pluviais e as barragens. Todas essas práticas podem ser utilizadas de forma complementar às práticas edáficas e vegetativas, conforme o sistema de cultivo. Elas fazem com que a água da chuva seja interceptada e não atinja a energia suficiente para causar perdas de solo acima dos limites toleráveis (PRUSK, 2009).

As áreas urbanas consideradas críticas em relação ao escoamento superficial (Parque Santo Antonio da Cascatinha, Rubião Júnior) já estão sendo reestruturadas pela Secretaria Municipal de Obras de Botucatu, com a construção de galerias de águas pluviais (600 m lineares), guias/sarjetas, asfaltamento, barragem e bacias de acumulação semicirculares destinadas a captar e disciplinar o escoamento superficial (Figura 5). A Rodovia Domingos Sartori e as áreas adjacentes são atualmente mantidas pela empresa concessionária Rodovias do Tietê. O reflorestamento de espécies nativas nas áreas de pastagem e desprovidas de mata ripária (APP)

já estão sendo implementados com a aplicação de práticas mecânicas. A SOS Cuesta e os proprietários locais estão trabalhando em conjunto com o objetivo de conter o deslocamento desordenado de solos nessas áreas.

**Figura 5.** Construção de galeria de águas pluviais em área urbana na cabeceira da sub-bacia do Córrego da Cascata.



O processo de assoreamento do lago na sub-bacia do Córrego da Cascata, provocado pelas áreas de pastagem, pela urbanização na linha do divisor de águas e pela Rodovia Domingos Sartori, avançou significativamente nos últimos anos. A precipitação pluviométrica local mais intensa se dá nos meses de janeiro, fevereiro e março e, aliada à exposição do solo, contribuirá para acelerar o processo erosivo na área. Se num futuro próximo esse processo não for contido, ocorrerá não só o desaparecimento do lago, como também prejuízos à beleza paisagística e à vida aquática desse ecossistema.

À jusante do lago, na segunda terça parte da sub-bacia, ocorre a intensa atividade de terraplanagem no talude da Rodovia Domingos Sartori (km 1) e propriedades adjacentes (Figura 1). Há indícios de que essa área esteja contribuindo ainda mais no processo de assoreamento e alterando a condição natural do córrego, à jusante do lago, mas essa avaliação será realizada em um próximo estudo. Assim, se não forem tomadas medidas, a curto prazo, o processo de assoreamento continuará ao longo do Córrego da Cascata e, à jusante, nos rios afluentes nas sub-bacias adjacentes e, conseqüentemente, junto à represa de Barra Bonita, no Rio Tietê.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sub-bacia do Córrego da Cascata comporta a Rodovia Domingos Sartori, principal via de circulação entre a cidade de Botucatu e o *Campus* da Unesp. Essa rodovia contribui efetivamente para o desenvolvimento econômico do município e para a expansão imobiliária resultante da formação de vários condomínios. O Córrego da Cascata é o único que nasce e atravessa a sub-bacia e está seriamente comprometido pela deposição de sedimentos. Preocupada com o desmatamento e com o processo de assoreamento do lago, a SOS Cuesta iniciou, nos últimos anos, os trabalhos de recuperação ambiental e monitoramento da qualidade da água do córrego.

Para entender a dinâmica ambiental, a origem da degradação e as alterações da sub-bacia como um todo, foram realizados estudos morfológicos relativos ao relevo e à drenagem. Esses estudos geram índices qualitativos que, de forma isolada, não são suficientes para entender como um todo a complexa dinâmica da sub-bacia, que tem magnitude temporal. No entanto, os dados morfológicos podem levar à elucidação e à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

A comparação dos dados obtidos neste estudo com os obtidos em estudos de outras sub-bacias de características semelhantes (geometria, relevo e rede de drenagem) e com os padrões apresentados pelos autores clássicos da área morfológica, infere que as condições de relevo, drenagem e o tipo de solo da sub-bacia do Córrego da Cascata apresentam dinâmica com poucas flutuações, mas extremamente vulneráveis às intervenções antrópicas observadas *in loco* (agricultura, pastagem, desmatamento, construção de estradas e rodovia). O assoreamento do lago localizado na primeira terça parte da sub-bacia responde pelo resultado direto dessas intervenções devido ao acúmulo de sedimentos oriundos das áreas antrópicas situadas na linha do divisor de águas. Recomenda-se, portanto, a conclusão da construção das galerias de águas pluviais nas áreas habitadas, a continuidade das ações de recuperação das áreas de erosão, a manutenção das áreas ainda desprovidas de mata ripária, o incentivo e o monitoramento permanente do escoamento superficial das áreas à montante do lago e da Rodovia Domingos Sartori. O desassoreamento imediato do lago será imprescindível para restabelecer a vida aquática desse ecossistema e a paisagem, já comprometidas.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ONG SOS Cuesta de Botucatu e à empresa patrocinadora Petrobras, pela realização do projeto “Caracterização, revitalização e planejamento ambiental do Córrego da Cascata”, de grande relevância regional; à Secretaria de Obras do município de Botucatu, pela execução das obras de drenagem de águas pluviais; à concessionária Rodovias do Tietê, pelas obras de manutenção na Rodovia Domingos Sartori; ao Centro de Apoio Químico ao Ensino, à Pesquisa e de Prestação de Serviços – CEAQUIM, e à Fundação do Instituto de Biociências – FUNDIBIO, pelo apoio financeiro à elaboração da presente publicação.

### REFERÊNCIAS

- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília, 2012, 265p.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio Boa Vista – Guamiranga PR. **Rev. Caminhos de Geografia**, Uberlândia MG, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.
- ARAÚJO JÚNIOR, A. A. et al. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do Rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Rev. Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 2, 106-121, 2002.
- BARBOSA, Y. B.; CARVALHO, S. M. Análise morfológica da bacia do Arroio do Padre, Ponta Grossa – Pr. **Rev. Caminhos de Geografia**, Uberlândia MG, v. 10, n. 30, p. 160-173, 2009.
- BELLUTA, I. **Avaliação dos impactos provocados pela descarga de efluente tratado na microbacia do Córrego do Cintra (Botucatu SP)**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Caracterização fitossociológica da vegetação ripária e qualidade da água do Córrego do Cintra (Botucatu SP) em função da ação antrópica**. 2012. 159f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- CANALI, N. E; FIORI, C. O. Análise morfológica da rede de drenagem da área do Parque Marumbi, Serra do Mar – Pr. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, III, 1987, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: SBG, 1987, v.1, p. 21-40, 2012.
- CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfológica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo – GO, através de técnica de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Rev. Ciência Plena**, v. 5, n. 9, p. 1-7, 2009.
- CHISTOFOLETTI, A. **Análise morfológica das bacias hidrográficas**. Not. Geomorf., v. 9, n. 18, p. 36-64, 1969.

- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blüchler, 1980. 149 p
- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blüchler, 1981, 313p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.
- FERREIRA, S. L. S.; OCA-FIORI, C.; KOZCIAK, C. Análise multitemporal da erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, Atônia PR, decorrente da dinâmica agropastoril. **Rev. Caminhos de Geografia**, Uberlândia MG, v. 13, n. 44, p. 15-34, 2012.
- FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 11, p. 53-57, 1952.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geological Society American**, Colorado, v. 56, p. 275-330, 1945.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P.T.A. Análise Morfológica da Bacia do Rio do Tanque, **REM**. Ouro Preto MG, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- LELIS, T. A.; CALIJURI, M. I. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica na região sudeste do Brasil, utilizando SWAT. **Rev. Ambiente & água**, Viçosa MG, v. 5, n. 2, p. 158-174, 2010.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1986. 242p.
- MACHADO, R. A. S. et al. Análise morfológica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p.1441 - 1448.
- MARTINS, J. A. Escoamento superficial. In: In: PINTO, N. L. S et al. **Hidrologia básica**. São Paulo SP, 2011, 278 p.
- NARDINI, R. C. et al. Análise morfológica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Rev. Irriga**, Botucatu, v. 18, n.4, p.687-699, 2013.
- OLIVEIRA, P. T. S. et al. Caracterização de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Rev. Bras. Eng. Agr. e Amb.**, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.
- PINTO JÚNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT – Brasil. **Rev. Geoambiente online**, n. 4, 2005.
- PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfológicas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, n. 28, p. 297-305, 2004.
- PRUSK, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2009. 279 p.
- ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991. 181 p.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfológica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas – MG. **Rev. Geociências**, Ouro Preto MG, v. 61, n. 1, p. 77-85, 2008.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bull. Geol. Soc. Am.**, n. 67, p. 597-646, 1956.
- \_\_\_\_\_. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Bull. Geol. Soc. Am.**, v. 74, n. 9, 1963.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 2ª Ed. São Carlos: RIMA, 2007. 158p.

SILVA, M. C. et al. Morfometria da microbacia do córrego fundo do município de Aquidauana, MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, II, 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA, 2009. p. 290-295.

SILVA, L. C. Manejo de rio degradados: uma revisão conceitual. **Rev. Bras. Geo. Física**, v. 3, p. 23-32, 2010.

\_\_\_\_\_; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A.; COSTA FILHO, J. F. Caracterização geomorfológica e mapeamento dos conflitos de uso na bacia de drenagem do Açude Soledade. **Rev. Bras. Geografia Física**, v. p. 112-122, 2010.

SILVA, R. F. B. **Planejamento do uso do solo em uma bacia hidrográfica para conservação dos recursos hídricos**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia /Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal Science**, New Haven, v. 248, p. 655-68, 1950.

SOS CUESTA DE BOTUCATU. **Córrego da Cascata**: um rio limpo na área urbana de Botucatu - caracterização, recuperação e planejamento ambiental. Botucatu: SOS CUESTA, 2013. 359 p.

SOUZA, A. J. et al. Aspectos físicos do município de Botucatu. **Rev. Ciência Geográfica**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 54-75, 2003.

STRALHER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 38, p. 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito da bacia hidrográfica e o conceito da caracterização morfológica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Rev. Uniara**, Araraquara SP, v. 20, p. 137-157, 2007.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TORRES, J. R. L. et al. Análise das características quantitativas e qualitativas da microbacia do córrego Barreiro, afluente do rio Uberaba. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 931-939, 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS. A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAW-HILL, 1975. 239 p.

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfológica de microbacias hidrográficas. **Rev. Bras. Eng. Agr. e Amb.**, v. 15, n. 10, p. 1062-1067, 2011.

XAVIER, F. V. et al. Análise à suscetibilidade laminar na erosão da bacia do Rio Manso, Chapada dos Guimarães MT, utilizando sistemas de informações geográficas. **Rev. Bras. de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, p. 51-60, 2010.