

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO AREAL NO MUNICÍPIO DE TAUBATÉ/SP

Glenda Silva Nascimento¹
Mariana Carolina Toledo¹
Mariane Mara Gouvêa de Oliveira¹
Rafaela Cristiane Scofano Berti¹
Vicente Rodolfo Santos Cezar²
Marcelo Santos Targa³

Departamento de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, SP.

1Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU

2Pós-doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU

3Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU

e-mails: *glends.nascimento@gmail.com, marianatoledo.engambiental@gmail.com,
mazica_60@hotmail.com, rafa.scofano@hotmail.com, vrscezar@gmail.com,
targa.marcelo@gmail.com

*autor correspondente

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo fazer a caracterização morfométrica da bacia do córrego Areal na bacia do Una, localizada no município de Taubaté. A análise morfométrica da bacia do areal foi realizada por meio das características geométricas, de relevo e da rede de drenagem da bacia em função de técnicas de geoprocessamento. Com base na análise morfométrica pôde-se concluir que a bacia do Areal possui baixa capacidade de formar novos cursos d'água; pelos valores do índice de circularidade há concentração do deflúvio e, em função dos valores do fator de forma associados ao coeficiente de compacidade são sujeitas a enchentes em condições normais de precipitação. Com relação às características de relevo, conclui-se que a bacia possui altitudes médias; canais com baixa sinuosidade transitória (nem retos, nem sinuosos); e valor médio de amplitude altimétrica, da relação de relevo e do gradiente de canais o que indica que o relevo favorece o escoamento. Com relação às características da rede de drenagem, pôde-se concluir que a bacia tem baixa densidade de drenagem. De fato as perturbações da bacia são o lançamento *in natura* de esgotos, a falta de proteção dos mananciais e a degradação de áreas, especialmente por atividades minerárias.

Palavras-chave: Ciências Ambientais, Análise Morfométrica, Bacia do Areal;

ABSTRACT

This work aimed to characterize the basin of the Areal stream in the Una basin, located in the municipality of Taubaté. The morphometric analysis of the sand basin was performed using the geometric, relief and drainage network characteristics of the basin as a function of geoprocessing techniques. Based on the morphometric analysis it was possible to conclude that the Areal basin has a low capacity to form new water courses; by the values of the circularity index there is concentration of the deflúvio and, as function of the values of the

form factor associated to the coefficient of compactness are subject to floods in normal conditions of precipitation. Regarding the relief characteristics, it is concluded that the basin has medium altitudes; channels with low transient sinuosity (neither straight nor sinuous); and average value of altimetric amplitude, of the relief relation and the gradient of channels, which indicates that the relief favors the flow. In relation to the characteristics of the drainage network, it was possible to conclude that the basin has low drainage density. In fact, the disturbances of the basin are the in natura launch of sewage, the lack of protection of the fountains and the degradation of areas, especially by activities mining.

Keywords: Environmental Sciences, Morphometric Analysis, Areal Basin;

1. INTRODUÇÃO

A área da bacia do rio Una é de aproximadamente 442,85 km². Deste total, aproximadamente 8% pertencem a Tremembé, 8% estão inseridos em Pindamonhangaba e os restantes, 84%, estão no município de Taubaté. Geograficamente, esta bacia localiza-se na margem direita do rio Paraíba do Sul. As altitudes deste território hídrico oscilam entre 500 a 1.000 metros, sendo que a Serra do Quebra Cangalha encontra-se a nordeste e a Serra do Jambeiro, a sudeste da referida sub-bacia (CPTI, 2001).

A bacia do rio Una abrange 69% da área do município de Taubaté, o qual conta com uma população estimada em 278.686 habitantes (IBGE, 2010).

A importância desta bacia no contexto da bacia do rio Paraíba do Sul foi analisada no Plano das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira e do Paraíba do Sul. No referido Plano foi estabelecida uma ordem de priorização das bacias afluentes do Paraíba do Sul, utilizando como critérios o uso da água para abastecimento público, a taxa de urbanização da bacia, a existência de conflito pelo uso da água e do número de usos múltiplos da bacia. A bacia do Una foi classificada em quarto lugar. Segundo o Plano, os principais problemas da bacia são de ordem conservacionista, principalmente o lançamento in natura de esgotos, a falta de proteção dos mananciais e a degradação de áreas, especialmente por atividades minerárias (BATISTA, TARGA, FIDALGO, 2006).

Com relação a avaliação ambiental de bacias hidrográficas, uma das formas é utilizar a análise morfométrica de modo a analisar as características inerentes a bacia como as Características Geométrica, da rede de drenagem, bem como do relevo da bacia, conforme já indicaram Santos, et. Al., (2012).

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A bacia Hidrográfica Areal localiza-se na região Sudeste do município de Taubaté, Estado de São Paulo, sendo uma subdivisão da Macro-Bacia do Rio Una. Com sua montante a 810m de altitude e sua jusante a 640m, com exutório localizado a Latitude 23°05'50,52" S e Longitude 45°27'57,12" O, possuindo 3,112 km de extensão de talvegue, com uma área de 18,911 Km².

2.2 Análise morfométrica

A análise morfométrica da bacia do areal foi realizada através das características geométricas, das características da rede de drenagem e características relevo.

À partir da caracterização geométrica foi possível calcular a geometria sendo: o perímetro (P), a área (A), o fator de forma (F), o índice de circularidade (IC), o coeficiente de compacidade (Kc), a densidade hidrográfica (Dh), o número de canais de (primeira ordem) e

o comprimento do eixo da bacia.

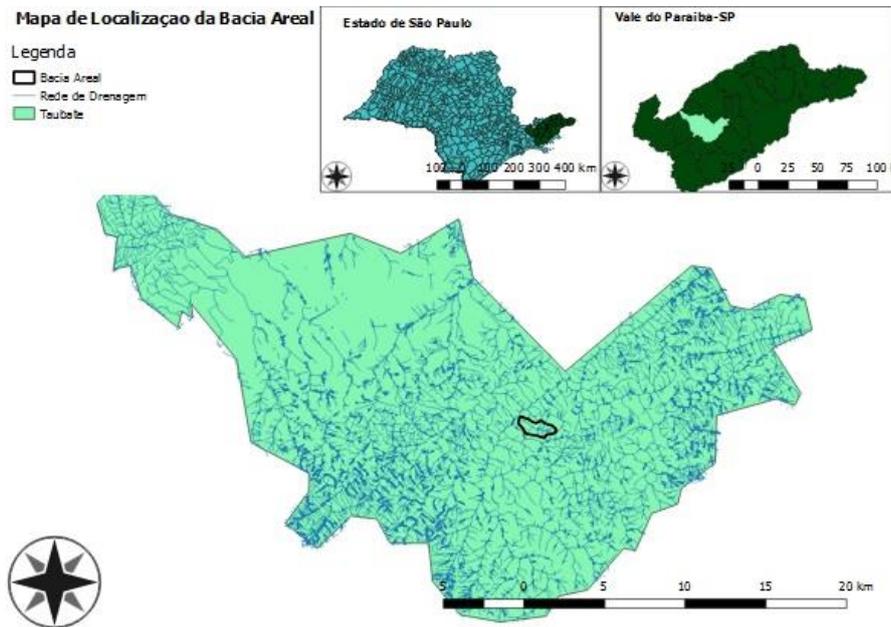


Figura 1: Mapa de Localização da Bacia Areal
Fonte: LEMOS e PEREIRA, 2018

O fator de forma (F) associa a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia do areal até o ponto mais distante. De fato, uma bacia que tem o seu fator de forma insignificante tem uma probabilidade baixa de ocorrer enchentes.

O (F) é determinado pela equação:

$$F = \frac{A}{L} \quad (1)$$

Em que:

F = Fator de forma adimensional;

A = Área da bacia (km²);

L = Comprimento axial da bacia (km)

De acordo com Villela e Mattos (1975) o coeficiente de compacidade varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho.

Nessa conformidade, quanto maior a inconstância da bacia maior será o coeficiente de compacidade. O Coeficiente de compacidade aponta uma possível ocorrência de cheias seja ela em um nível maior ou menor. O (Kc) é determinado pela equação:

$$Kc = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Em que:

Kc = Coeficiente de compacidade adimensional;

P = Perímetro da bacia (km);
A = Área da bacia (km²)

Segundo Cardoso (2006), o índice de circularidade (IC) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia. O (IC) é determinado pela equação:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$$

Em que:

IC = índice de circularidade adimensional;

A = Área da bacia (km²)

P = Perímetro da bacia (km)

Christofoletti (1969) cita que a densidade hidrográfica (Dh) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água. O (Dh) é determinado pela equação:

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Em que:

Dh = Densidade hidrográfica;

N = Número de rios ou canais;

A = Área da bacia (km²)

A utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia. CHRISTOFOLETTI (1969),

Segundo Lollo (1995), a classificação da densidade hidrográfica pode ser entendida da seguinte forma (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias

Dh (*N ₁ /km ²)	Denominação
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
> 15	Muito alta

*N₁ = Comprimento dos rios de primeira ordem

Fonte: Lollo (1995)

Em relação às características de relevo da Bacia do Areal, foi determinada a altitude máxima, média e mínima, o índice de sinuosidade (Is), a amplitude altimétrica (Hm) a relação do relevo (Rr), o gradiente de canais (Gc), a densidade de drenagem (Dd) e o coeficiente de manutenção (Cm).

O índice de sinuosidade (I_s) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. (FREITAS, 1952). O (I_s) é determinado pela equação:

$$I_s = \frac{L_c}{L_v} \quad (5)$$

Em que:

I_s = Índice de sinuosidade, adimensional;

L_c = Comprimento do canal principal (km);

L_v = Comprimento vetorial do canal principal (km)

Os autores Horton (1945) e Freitas (1952) citam que o gradiente de canais (G_c) é dado pela relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Este índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água da bacia. O (G_c) é determinado pela equação:

$$G_c = \frac{A_{max}}{L_c} \quad (6)$$

Em que:

G_c = Gradiente de canais (m/km);

A_{max} = Altitude máxima da bacia (m);

L_c = Comprimento do canal principal (km)

A associação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal é igual a relação de relevo (R_r).

De acordo com alguns estudos comprovados, quanto maior for o valor de R_r , maior será a concavidade entre a cabeceira e o exutório. O (R_r) é determinado pela equação:

$$R_r = \frac{H_m}{L_c} \quad (7)$$

Em que:

R_r = Relação de relevo (m/km);

H_m = Amplitude altimétrica (m);

L_c = Comprimento do canal principal (km)

Segundo Horton (1945) a densidade de drenagem é a relação entre o comprimento total de canais e a area da bacia e para seu cálculo, devem-se considerar todos os rios tanto os perenes como os temporários. Se o D_d for elevado, isso evidencia áreas com baixa infiltração

e melhor estruturação dos canais. O (Dd) é determinado pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (8)$$

Em que:

Dd = Densidade de drenagem;

Lt = Comprimento total dos canais;

A = Área da bacia (km)

Beltrame (1994), classificou que a densidade de drenagem pode ser entendida da seguinte forma (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da densidade de drenagem (Dd) de bacias

Dd (km/km²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

Fonte: Beltrame (1994).

Por meio da densidade de drenagem foi possível realizar o cálculo do coeficiente de manutenção (Cm), essa é a área essencial que a bacia precisa obter para continuar infundável.

O (Cm) é determinado pela equação:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (9)$$

Em que:

Cm = Coeficiente de manutenção;

Dd = Densidade de drenagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das análises realizadas na região, através de visita *in loco* e informações de geoprocessamento, identificamos grande influência na umidade e drenagem do solo, nas características das nascentes e dos córregos de água, como mostra a Figura 2.

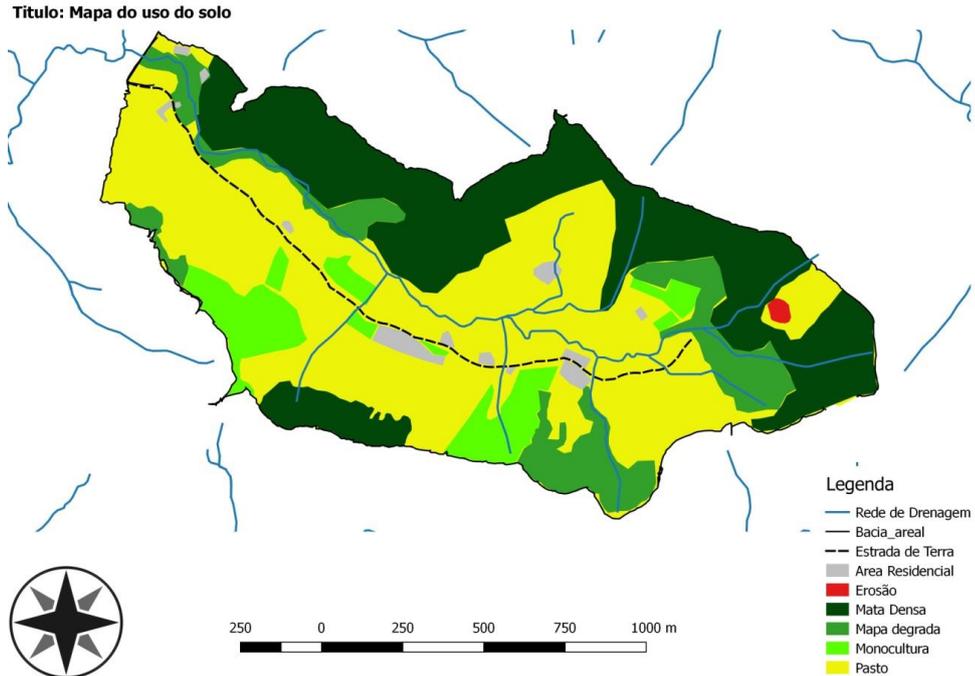


Figura 2: Mapa do uso do solo
Fonte: LEMOS e PEREIRA, 2018

Na identificação do tipo de solo (Figura 3), verificou-se a presença de único tipo de solo, argissolo vermelho-amarelo eutrófico típico A moderado, textura argilosa ou média, fase relevo ondulado e forte ondulado, as diferenças de densidade e umidade do solo, observadas na experimentação, podem ser devido a compactação e ao tipo de uso de solo.

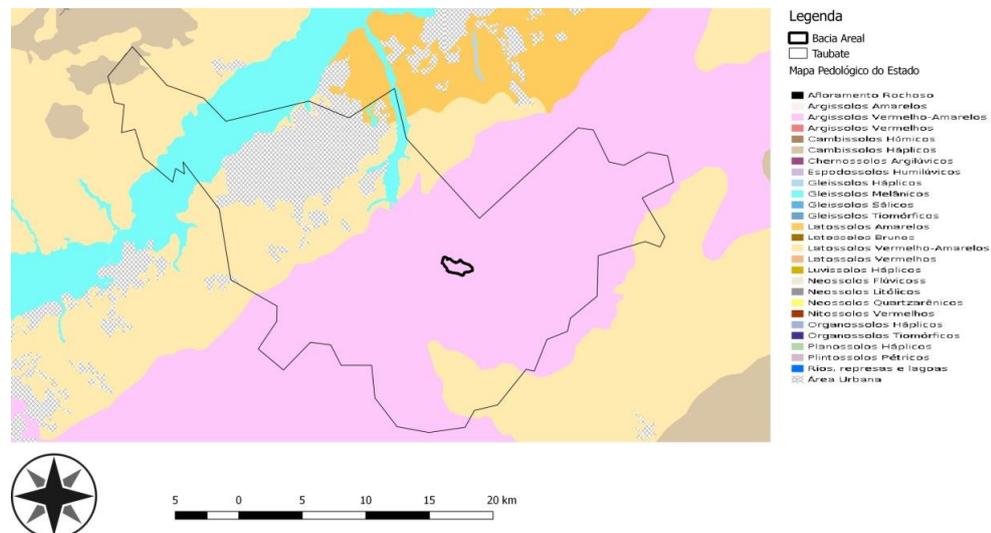


Figura 3: Mapa de uso do solo
Fonte: LEMOS e PEREIRA, 2018

A Bacia do Areal encontra-se inserida em Área de Proteção Ambiental – APA Federal do Rio Paraíba do Sul, pode se observar também que a área objeto encontra-se dentro do traçado dos Corredores Ecológicos do Vale do Paraíba (Figura 4), proposto por Camarinha et al., 2011. A bacia objeto de estudo possui uma área de 1,89 km², e preserva 41,3% de seus fragmentos florestais nativos.

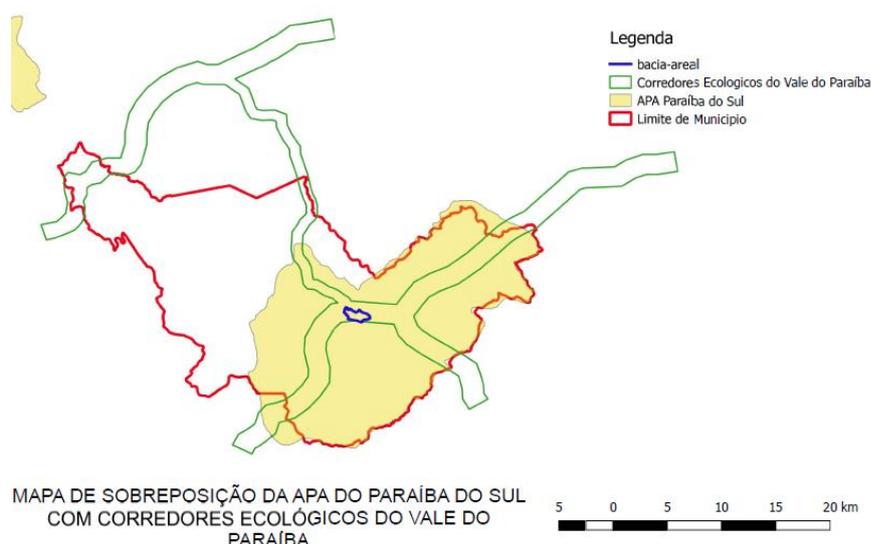


Figura 4: Mapa de Sobreposição da APA Paraíba do Sul com Corredores Ecológicos do Vale do Paraíba.

Fonte: LEMOS e PEREIRA, 2018

A caracterização morfométrica da Bacia do Areal pode ser observada na Tabela 3.

Conforme se observa na Tabela 3, trata-se de uma bacia de terceira ordem, o Coeficiente de Compacidade (2,26) associado ao Fator de Forma (3,04) encontrado de acordo com a Tabela 3 indica a probabilidade de ocorrência de enchentes. O resultado do índice de circularidade (IC) encontrado, (IC = 2,45) indica que a bacia não tende à forma circular, ou seja, possuem forma mais alongada e, portanto, segundo Villela e Mattos (1975), possuindo maior concentração de deflúvio. A densidade hidrográfica encontrada (3,70 N/Km²) mostra que a bacia teria média capacidade de gerar novos cursos d'água, conforme (LOLLO, 1995).

Tabela 3: Caracterização morfométrica da Bacia do Areal, em Taubaté, SP

Características	Análise morfométrica	Unidades	Bacia do Areal
Geométricas	Área (A)	Km ²	1,89
	Perímetro (P)	km	3,11
	Número de canais de (1ª ordem)	-	7
	Coeficiente de compacidade (Kc)	-	2,26
	Fator forma (F)	-	3,04
	Índice de circularidade (Ic)	-	2,45
	Densidade hidrográfica (Dh)	canais/km	3,70
Relevo	Altitude máxima	m	810
	Altitude média	m	725
	Altitude mínima	m	640
	Amplitude altimétrica (Hm)	m	170
	Índice de sinuosidade (Is)	km/km	1,5
	Gradiente dos canais (Gc)	%	131
	Relação de relevo (Rr)	m/km	274
Rede de drenagem	Comprimento do canal principal	km	0,62
	Comprimento total dos canais	km	3,54
	Comprimento vetorial do canal principal	km	2,36
	Densidade de drenagem (Dd)	km/km	1,87
	Coeficiente de manutenção (Cm)	m/m	0,53
	Ordem de bacia	-	3

Segundo Villela e Mattos (1975), bacias hidrográficas com densidade de drenagem de 0,5 km/km² possuem uma drenagem pobre e valores iguais ou superiores a 3,5 km/km² ou são de bacias excepcionalmente bem drenadas. Considerando os resultados obtidos nesse trabalho (1,87 km/km²) identifica que a bacia do Areal possui uma drenagem mediana (BELTRAME, 1994).

Com relação a ações antrópicas na bacia do areal, a principal observação se refere a situações encontradas *in loco* como: lançamento *in natura* de esgotos, a falta de proteção dos mananciais e a degradação de áreas, especialmente por atividades minerárias.

4. CONCLUSÃO

Com base na análise morfométrica pôde-se concluir que a bacia do Areal possui baixa capacidade de formar novos cursos d'água; pelos valores do índice de circularidade há concentração do deflúvio e, em função dos valores do fator de forma associados ao coeficiente de compacidade são sujeitas a enchentes em condições normais de precipitação.

Com relação às características de relevo, conclui-se que a bacia possui altitudes médias; canais com baixa sinuosidade transitória (nem retos, nem sinuosos); e valor médio de amplitude altimétrica, da relação de relevo e do gradiente de canais o que indica que o relevo favorece o escoamento. Com relação às características da rede de drenagem, pôde-se concluir que a bacia tem baixa densidade de drenagem.

5. REFERÊNCIAS

- BATISTA, Getulio Teixeira, TARGA, Marcelo dos Santos, FIDALGO, Eliane Cristina Cardoso. Banco de Dados Ambientais da Bacia do Rio Una, Bacia do Rio Paraíba do Sul. Researchgate. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/27458418_Banco_de_Dados_Ambientais_da_Bacia_do_Rio_Una_Bacia_do_Rio_Paraiba_do_Sul Acesso em :15 de agosto de 2018.
- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- CAMARINHA, P. I. M.; FERREIRA, C. C.; FERREIRA, M. C.; SOARES, P. V.; SIMÕES, S. J. C.; TRANNIN, I. C. B. Proposta metodológica para a definição de corredor ecológico com base em modelagem cartográfica – a bacia do rio Paraíba do Sul, porção paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1989-1996. DVD. <<http://urlib.net/3ERPFQTRW/3A54R3E>>. Acesso em: 21-07-2018
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>
- COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS - CPTI. Plano das bacias hidrográficas do rio Paraíba do Sul 2000-2003. São Paulo, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícia Geomorfológica, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. Boletim Paulista de Geografia, v. 11, p. 53-57, 1952.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades: censo 2010. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/historico> Acesso em: 15 de agosto de 2018.
- LE MOS, H. M. S e PEREIRA, L.F.S. Mapeamento da Bacia do Areal – Município de Taubaté. Taubaté. 2018
- LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

SANTOS, A. M. et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, [s.l.], v. 7, n. 3, p.195-211, 31 dez. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.