

## **AVALIAÇÃO MORFOMETRICA E DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SANTO ANTÔNIO- SÃO FRANCISCO XAVIER (SP)**

**ALINE KURAMOTO GONÇALVES<sup>1</sup>; ZACARIAS XAVIER DE BARROS<sup>2</sup>; GABRIEL RONDINA PUPO DA SILVEIRA<sup>3</sup>; YARA MANFRIN GARCIA<sup>4</sup>**

*Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Av. Universitária, nº 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu – SP, Brasil, <sup>1</sup>aline587@gmail.com; <sup>2</sup>zacariassxb@fca.unesp.br; <sup>3</sup>gabrielrondina@hotmail.com; <sup>4</sup>yaramanfrin@hotmail.com*

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo mapear as classes de uso e ocupação da terra e análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio, no distrito de São Francisco Xavier, São José dos Campos, São Paulo, com a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS versão 10.3, a carta topográfica do município de Monteiro Lobato- SP e ortofotos do projeto Mapeia São Paulo. Foram avaliados diversos parâmetros morfométricos como coeficiente de compactidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, ordem dos cursos d'água, comprimento total dos cursos d'água e o uso e ocupação da terra. A bacia possui de 520,7ha e tendo o formato alongada, favorecendo o escoamento superficial, maior energia erosiva e baixa propensão a ocorrência de inundações. Os elementos físicos apresentam conservados devido a Área de Proteção Ambiental (APA), assegurando a sua preservação. O uso e ocupação da terra compreendem em área urbana, sedes rurais, estrada rural, área agrícola, pastagem e vegetação natural, sendo o uso mais significativa a vegetação natural (470 ha) representa 90,2%, seguido pela pastagem (40 ha) no total de 7,68% da área total da bacia hidrográfica. Tais resultados auxiliaram na decisão do planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, diante das legislações ambientais.

**Palavras-chaves:** Sistema de Informação Geográfica, morfometria, conservação ambiental.

## **MORPHOMETRIC EVALUATION AND USE AND LAND OCCUPATION OF SANTO ANTONIO WATERSHED - SAO FRANCISCO XAVIER (SP)**

**ABSTRACT:** The aim of this work was to map the land use, occupation classes and morphometric analysis of the Santo Antonio stream watershed, in Sao Francisco Xavier district, Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, using the Geographic Information System (GIS) - ArcGIS version 10.3, the topographic map of the municipality of Monteiro Lobato-SP and orthophotos of Mapeia Sao Paulo project. Several morphometric parameters were evaluated as compactness coefficient, circularity index, drainage density, order of watercourses, watercourses total length, land use and occupation. The watershed has 520.7 ha and your elongated shape favor superficial runoff, higher erosive energy and low flooding propensity. Physical elements are conserved due Environmental Protection Area (APA), ensuring their preservation. The land use and occupation comprises urban an rural areas, rural roads, agricultural areas, pastures and natural vegetation. From the total of watershed area, natural vegetation (470 ha) represents 90.2%, followed by pasture (40 ha) totaling 7.68%. Based on environmental legislation, these results helped in the decision of planning and management of the natural resources.

**Keywords:** Geographic Information System, morphometry, environmental conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos recursos naturais existente no Brasil, destaca-se a água que sempre é alvo de intensos debates sobre os desafios de gestão, conservação, qualidade e quantidade desse recurso que é fundamental a todos.

A apropriação dos recursos hídricos pelo homem (meio urbano, atividades agrícolas, pecuária e etc.), trouxe e traz impactos sobre o ciclo hidrológico natural e sua área de descarga, as bacias hidrográficas tanto de maneira qualitativa como quantitativa e isso, porque, a qualidade e a quantidade das águas nos mananciais, além dos seus usos, estão interligadas com a maneira que as atividades são desenvolvidas em determinada bacia hidrográfica. A ação antrópica que ocupa e expande áreas através do desmatamento tem se intensificado, dessa forma todos os recursos naturais são comprometidos devido a intensificação do seu uso ou a sua retirada, causando impactos negativos. Dentre as diversas ações do homem sob a natureza destacam a devastação florestal, poluição dos corpos d'água, ausência de mata ciliar, dentre outros fatores, acabam por prejudicar o equilíbrio da natureza, podendo comprometer sua qualidade e, consequentemente, a quantidade do recurso para as futuras gerações.

É fundamental conhecer e controlar os diversos fatores que influenciam nesta degradação ambiental. Entretanto, a morfometria auxilia em estabelecer por meio de

alguns dos seus parâmetros mensuráveis da bacia hidrográfica e seus condicionantes ao seu manejo adequado (SIQUEIRA et al., 2012).

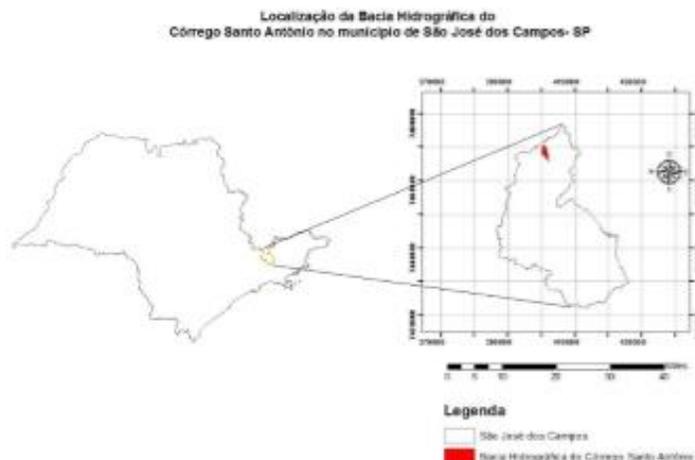
Pesquisas e análises para o monitoramento temporal do uso e cobertura da terra geram informação sobre as mudanças ocorridas em uma determinada área, assim é possível quantificar as áreas que deixaram de ter cobertura vegetal natural e dão espaço para o avanço da agricultura e a pecuária. Assim, essas mudanças afetam e influenciam negativamente os solos e os recursos hídricos, além de outros danos ambientais (ZANATA, 2014).

O objetivo deste trabalho foi analisar a bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio (SP) como unidade territorial por meio de subsídios de parâmetros morfométricos relacionados à forma do relevo e a drenagem da bacia em estudo, além de identificar as classes de uso da terra. Os recursos naturais, principalmente a água, no Brasil, têm sido alvo de intensos debates e discussões relativas aos desafios de gestão, conservação, qualidade e quantidade desse recurso fundamental a todos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio (Figura 1) área que abrange o distrito do município de São Francisco Xavier, localizado ao norte do município de São José dos Campos- SP, com uma área de 520,7 hectares.

**Figura 1.** Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio

O clima da região é, segundo Köppen, Cwa sendo definido como clima temperado úmido com inverso seco e verão quente; a temperatura média anual é de 21,3°C e a precipitação média anual de 1304,9 mm.

O material utilizado para a delimitação da bacia hidrográfica foi obtido utilizando-se da carta planialtimétrica editada pelo IBGE, em formato digital na escala de 1:50.000, com equidistâncias das curvas de nível de 20 metros, referente a folha de Monteiro Lobato (Folha SF-23-Y-B-V-3) (IBGE, 1973).

Para o desenvolvimento dos resultados foi utilizado o SIG ArcGis 10.3 para a realização do georreferenciamento, elaboração do banco de dados, confecção dos mapas, mensurações dos valores dos parâmetros morfométricos e a identificação do uso e ocupação da terra da área da bacia hidrográfica.

## 2.2 Parâmetros morfométricos

### 2.2.1 Área de drenagem e perímetro da bacia

Para aferição da área de drenagem (A) compreende o conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal. O cálculo dessa feição é o elemento básico para os índices morfométricos (TONELLO, 2005). O perímetro da bacia (P) constitui o comprimento da linha

imaginária ao longo do divisor de águas (TONELLO, 2005).

### 2.2.2 Coeficiente de compacidade da bacia

Coeficiente de compacidade (Kc) trata do formato físico da bacia hidrográfica. Representa a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia (SIQUEIRA et al., 2012) (Equação 1).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

(1)

Onde Kc= coeficiente de compacidade, P= perímetro da bacia ou sub- bacia (km), A= área de drenagem da bacia ou sub- bacia (km<sup>2</sup>).

### 2.2.3 Índice de circularidade da bacia

O índice de circularidade (Ic) é a razão entre a área da bacia hidrográfica (A) pelo perímetro do divisor topográfico (P) ao quadrado, obtido pela Equação 2.

$$Ic = \frac{12,57 * A}{p^2}$$

(2)

Onde:

IC= Índice de circularidade, A= área de drenagem da bacia ou sub- bacia (km<sup>2</sup>), P= perímetro da bacia ou sub- bacia (km).

Quanto mais próximo de 1,0, mais próxima da forma circular será a bacia hidrográfica, com maior tendência a enchentes e diminui à medida que a forma se torna alongada, com tendência à conservação (LIMA, 2008).

#### 2.2.4 Ordem dos cursos d'água

A ordem dos cursos d'água representa são as ramificação do sistema de drenagem da bacia (TUCCI, 2001) e pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1954) e Strahler (1957) citados por Tonello (2005).

Na classificação apresentada por Strahler (1957), onde os cursos d'água sem tributários são classificados como de primeira ordem, os cursos formados por dois tributários de primeira ordem, são denominados de segunda ordem, os cursos formados por dois tributários de segunda ordem, são de terceira ordem e assim por diante. Essa informação foi utilizada para a determinação da ordem da bacia e da hierarquia dos afluentes para escala 1:50.000.

#### 2.2.5 Comprimento total dos cursos d'água

Para o comprimento total dos cursos d'água é obtido pelo maior comprimento (C) representando a linha que une a foz até o ponto extremo da bacia, sobre a linha do divisor topográfico, seguindo o vale principal. A maior largura (L) compreende a dimensão linear que corta transversalmente o vale principal e o comprimento do canal principal (Ccp).

#### 2.2.6 Densidade de drenagem da bacia

A Densidade de drenagem (Dd) é calculada pela razão entre o comprimento de

drenagem (Cr) com a área da bacia hidrográfica (A), representada na Equação 3.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (3)$$

Onde Dd= densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>), Lt= comprimento total dos cursos d'água (km), A= área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>).

França (1968) determina a densidade de drenagem em: baixa (< 1,5 km/km<sup>2</sup>), média (1,5 a 2,5km/km<sup>2</sup>), alta (2,5 a 3,0 km/km<sup>2</sup>) e super alta (> 3,0 km/km<sup>2</sup>)

A importância desse coeficiente para a morfometria pois, reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (LIMA, 2008).

#### 2.2.7 Uso e ocupação da terra

Para discriminar as classes de uso e ocupação da terra fez através da fotointerpretação da ortofoto, no qual o processo de vetorização em tela com o uso do Sistema de Informação Geográfica ArcGis. O Manual de Uso da Terra (IBGE, 2013) foi base de interpretação visual. Assim, as classes foram mapeadas e classificadas de acordo com a divisão:

Áreas Urbanizadas porções no território de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, com predominância de superfícies artificiais não agrícolas. Podem ser contínuas, onde as áreas lineares de vegetação são minoria, ou descontínuas, onde as áreas vegetadas ocupam espaços maiores.

As áreas antrópicas, agrícolas: inclui todas as terras cultivadas, sendo em zonas agrícolas heterogêneas ou de zonas extensas de monocultura.

Áreas de Vegetação Natural: abrangendo desde florestas a campos originais (primários) e alterados até formações florestais secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios de desenvolvimento.

Água: corpos d'água naturais e artificiais que não tem origem marinha, como: rios, canais, lagos, represas, açudes, etc. (IBGE, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise morfométrica da bacia hidrográfica permitiu caracterização e o conhecimento de interpretação dos parâmetros morfométricos de maneira a garantir, manter e melhorar as condições dos seus recursos hídricos.

Os resultados encontrados para os parâmetros morfométricos da bacia são área (A) de 5,21km<sup>2</sup> e perímetro (P) 11km.

Para o coeficiente de compacidade o resultado foi 1,3. De acordo com Villela e Mattos (1975), ele varia de acordo com a forma da bacia, sendo que quanto mais irregular, maior será o coeficiente de compacidade.

Os resultados da bacia com relação a sua forma são evidenciados através do coeficiente de compacidade (Kc) e o índice de circularidade (0,54), sendo a bacia como sendo de forma alongada e assim, favorece o escoamento superficial de maior velocidade

A ramificação dos cursos d'água que consiste no "processo que estabelece uma classificação para cada curso d'água no conjunto total da bacia hidrográfica" (SANTOS, 2004, p. 86), numerando cada segmento de drenagem em ordem crescente, a partir da metodologia de Strahler em 1957. Sendo sua hierarquia fluvial de 3<sup>a</sup> ordem.

O comprimento total dos cursos foi de 16,38 km. O Córrego Santo Antônio, rio principal, apresenta extensão de 5,9 Km.

Com relação à densidade de drenagem (Dd) foi de 3,21km/km<sup>2</sup>, o que segundo a classificação apresenta alta tendência para o escoamento superficial, enxurradas e erosões, segundo a proposta por Horton (1945) adaptada por França (1968) apud Rodrigues et al. (2013), de acordo com a Tabela 1.

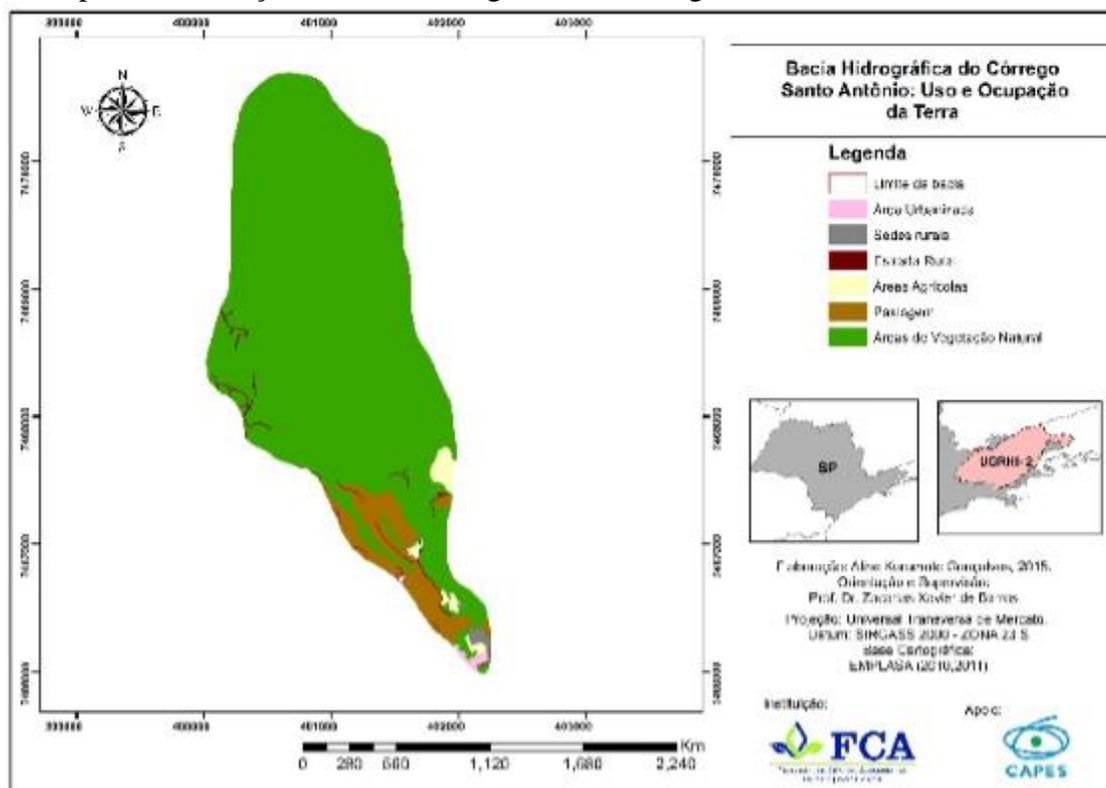
**Tabela 1.** Características morfométricas da bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio

| Parâmetros morfométricos              | Valores                  |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Área (A)                              | 5,1 km <sup>2</sup>      |
| Perímetro (P)                         | 11 km                    |
| Coeficiente de compacidade (Kc)       | 1,3                      |
| Índice de circularidade (Ic)          | 0,54                     |
| Características da drenagem           |                          |
| Comprimento do curso d'água principal | 5,9 km                   |
| Densidade de drenagem (Dd)            | 31,1 km/ km <sup>2</sup> |
| Ordem dos cursos d'água               | 3 <sup>a</sup> ordem     |

Fonte: Gonçalves, A.K. (2016)

Estabelecido os parâmetros e metodologia para o mapa de uso e ocupação da terra, a Figura 2 apresenta dados sobre o ano de 2010 e 2011.

A maior parte da bacia hidrográfica (Tabela 2) compreende a área de vegetação que está protegida, devido a presença da APA na área da bacia cerca de 90,2% (470 ha).

**Figura 2.** Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio.**Tabela 2.** Quantificação das classes de uso e ocupação da terra da bacia do Córrego Santo Antônio

| Classes de uso e ocupação da terra | ÁREA         |             |
|------------------------------------|--------------|-------------|
|                                    | ha           | %           |
| Área urbanizada                    | 1,70         | 0,32%       |
| Sedes rurais                       | 2,80         | 0,53%       |
| Estrada rural                      | 3,20         | 0,61%       |
| Áreas agrícolas                    | 3            | 0,57%       |
| Pastagem                           | 40           | 7,68%       |
| Área de vegetação natural          | 470          | 90,2%       |
| <b>Total</b>                       | <b>520,7</b> | <b>100%</b> |

Fonte: Gonçalves, A.K. (2016)

A área urbanizada ocupa 0,32% (1,70 ha) do território da bacia, com a presença das construções residenciais e notou-se a presença de uma escola essa área urbana está localizada a jusante, onde o córrego deságua no Rio do Peixe. As estradas de acesso aos restaurantes, moradias, escolas, igreja etc.; são pavimentadas dentro do perímetro urbano. Entretanto as outras vias de acesso compreendem as estradas rurais

que dão acesso as sedes rurais com 0,61% (3,20 ha).

As sedes rurais representam 0,53% (2,80 ha) localizadas ao interior da bacia hidrográfica e dentro do perímetro da APA, as quais pertencem a moradores que não residem no município, pois a cidade é, atualmente, refúgio de “descanso e lazer” aos turistas e moradores

das regiões próximas e, principalmente, aos que residem na capital São Paulo.

As áreas agrícolas representam 0,57% (3 ha) formadas por plantações em extensões pequenas de terra, principalmente milho, mandioca e cana-de-açúcar, compreendendo a pequenas porções espalhadas pela bacia hidrográfica.

Outro uso considerado no mapeamento foi a pastagem que compreende 7,68% (40 ha), sendo que a presença do gado na região compreende ao seu histórico econômico regional.

Logo, a identificação das classes de uso e ocupação da terra é importante para o diagnóstico prévio quanto as fragilidades nos usos, de maneira que ao longo dos anos podem sofrer diversas interferências na sua paisagem natural ou social, ou sendo intensificada pela ação.

#### 4 CONCLUSÕES

Verificou-se que a bacia possui uma forma alongada, favorecendo o escoamento

#### 5 REFERÊNCIAS

GONÇALVES, A.K. **Análise ambiental e morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio - São Francisco Xavier (SP)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, New York, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE. Carta topográfica: Monteiro Lobato SF-23-Y-B-V-3. Cidade:Monteiro Lobato, IBGE, 1973. Escala 1:50.000.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.

RODRIGUES, V. A.; CARDOSO, L. G.; POLLO, R.A.; RE, D. S.; PISSARRA, T. C. T.; VALLE JUNIOR, R. F. Análise morfométrica da microbacia do Ribeirão das Araras-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 21, n. 1, p. 25-37,

superficial de maior velocidade, maior energia erosiva e baixa propensão a ocorrência de inundações devido a um baixo grau de desenvolvimento da rede de drenagem.

Por apresentar boas condições de conservação ambiental, no que diz respeito a análise da morfometria e ao uso e ocupação da terra, devido principalmente por ser uma área de proteção ambiental (APA), assim a partir da integração permitiu que a bacia seja conhecida e monitorada, oferecendo a oportunidade da proposição de medidas que assegurem as condições dos seus recursos hídricos e a proteção de sua vegetação natural.

Nesta perspectiva, destaca-se também ferramentas como geoprocessamento, sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica em que auxiliaram na escala do mapeamento em favorecimento ao processo do melhor planejamento e subsidiando uma análise completa da área da bacia hidrográfica. E é cada vez maior a demanda por tecnologias para estabelecer estratégias de melhor planejamento.

2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALLE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo - MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2236-2248, 2012.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, n. 6, p. 913-20, 1957.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

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

ZANATA, J. M. **Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga- SP**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.