ENTRELUGAR

ANÁLISE AMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO BONITO: UMA ABORDAGEM MORFOMÉTRICA E DO USO E COBERTURA DAS TERRAS

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE RIBEIRÃO BONITO WATERSHED: A MORPHOMETRIC AND LAND USE AND COVERAGE APPROACH

ANÁLISIS AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DE RIBEIRÃO BONITO: UN ABORDAJE MORFOMÉTRICO Y DEL USO Y COBERTURA DE LAS TIERRAS

Amanda Trindade Amorim

Engenheira Ambiental, Mestra em Ciências Ambientais, Doutoranda em Geografia. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.

amanda.amorim@unesp.br

Edson Luís Piroli

Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutor em Agronomia. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.

edson.piroli@unesp.br

RESUMO

A análise das dinâmicas naturais e das atuações antrópicas nas bacias hidrográficas são importantes para prever cenários futuros e subsidiar a gestão e o planejamento dessas unidades territoriais. O presente trabalho objetivou avaliar os parâmetros morfométricos referentes às características geométricas, de relevo e da rede de drenagem, e o uso e cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, localizada nos municípios de Avaré e Itatinga, no estado de São Paulo, por meio da utilização das geotecnologias. As características morfométricas da sub-bacia hidrográfica exibem uma dinâmica natural indicativa de baixa probabilidade de enchentes. A rede de drenagem possui uma hierarquia fluvial de cinco ordens, mas sua densidade de drenagem é baixa, sobretudo devido ao relevo predominantemente plano e declives suaves. A referida sub-bacia possui baixa cobertura florestal (7,17%) e as Áreas de Preservação Permanente – APP's necessitam de medidas de recuperação, uma vez que apenas 45,73% delas estão preservadas, mas, as coberturas presentes são favoráveis à infiltração da água e, se manejadas corretamente, tornam a área importante para a proteção dos solos e a manutenção da perenidade dos recursos hídricos.

Palavras–chave: Bacia hidrográfica; Recursos hídricos; Uso e cobertura das terras; Geotecnologias

ABSTRACT

The analysis of natural dynamics and anthropogenic activities in watersheds are important for predicting future scenarios and supporting the management and planning of these territorial units. This study aimed to assess the morphometric parameters related to the geometric, relief and drainage network characteristics, as well as the use and coverage of the lands of the Ribeirão Bonito watershed, located in the municipalities of Avaré and Itatinga, in the state of São Paulo, Brazil, by means of geotechnologies. The morphometric characteristics of the watershed exhibit a natural dynamic that is indicative of low flood probability. The drainage network has a fluvial hierarchy of five orders, although its drainage density is low, mainly due to the predominantly flat relief and smooth slopes. The aforementioned watershed has low forest coverage (7.17%) and the Permanent Preservation Areas (APPs) require recovery measures, as only 45.73% of them are preserved, but the coverages present are favorable to the infiltration of water and, if handled correctly, make the area important for the protection of soils and the maintenance of the permanence of the water resources.

Keywords: Watershed; Water resources; Land use and coverage; Geotechnologies

RESUMEN

El análisis de la dinámica natural y de las actuaciones antropogénicas en las cuencas hidrográficas es importante para prever escenarios futuros y asistir en la gestión y la planificación de estas unidades territoriales. El presente trabajo tuvo el fin de evaluar los parámetros morfométricos referentes a las características geométricas, de relieve y de la red de drenaje, y el uso y cobertura de las tierras de la subcuenca hidrográfica de Ribeirão Bonito, ubicada en los municipios de Avaré e Itatinga, en el Estado de São Paulo, por medio de la utilización de geotecnología. Las características morfométricas de la subcuenca hidrográfica muestran una dinámica natural indicativa de baja probabilidad de inundaciones. La red de drenaje tiene una jerarquía fluvial de cinco órdenes, pero su densidad de drenaje es baja, sobre todo debido al relieve predominantemente plano y declives suaves. La referida subcuenca tiene baja cobertura forestal (7,17 %) y las Áreas de Preservación Permanente – APP's necesitan medidas de recuperación, ya que solo el 45,73 % de ellas están preservadas, pero las coberturas presentes son favorables a la infiltración del agua y, si son manejadas correctamente, hacen al área importante para la protección de los suelos y el mantenimiento de la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica; Recursos hídricos; Uso y cobertura de las tierras; Geotecnologías

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial ideal para diversos estudos ambientais, uma vez que contribui com o planejamento e a gestão do seu uso. Isso porque é constituída por um conjunto de superfícies, vertentes e uma rede de drenagem formada por cursos de água que convergem em um leito único localizado na área de menor altitude.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica permite prever sua suscetibilidade quanto ao risco de enchentes, escoamento superficial e processos erosivos. Esta caracterização está relacionada principalmente ao estudo da sua forma, do relevo e da rede de drenagem, que são relacionadas ao tempo e à velocidade de escoamento da água (VILLELA; MATTOS, 1975; CHRISTOFOLETTI, 1980; LEAL; TONELLO, 2016; ZANATTA et al., 2017). Teodoro et al. (2007) acrescenta que esta caracterização é um dos primeiros procedimentos que devem ser realizados para as análises hidrológicas ou ambientais nesta unidade territorial, pois é capaz de esclarecer questões relacionadas com o entendimento da sua dinâmica ambiental.

Esta análise permite os encaminhamentos iniciais para o manejo da bacia hidrográfica, para que ela possa proporcionar maior infiltração da água no solo e garantir os processos de desenvolvimento social, econômico e ambiental, evitando possíveis impactos negativos. A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, prevê a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). Essa articulação é fundamental para que a água possa cumprir o seu ciclo naturalmente, sem prejuízos à sua quantidade e qualidade, garantindo condições de vida adequadas para a população atual e das futuras gerações (OLIVEIRA; ASSUNÇÃO, 2013; PEREIRA et al., 2016; ORTEGA; POMPÊO, 2017; BERLANDA et al., 2018).

Nos primórdios, para o uso e ocupação das terras, nas bacias hidrográficas, eram levados em consideração apenas os custos de implantação e o máximo aproveitamento das terras e da água. O planejamento e a gestão desses usos eram escassos e a preservação do ambiente era raramente considerada. Por consequência disso, grandes impactos negativos e a degradação dos recursos naturais foram surgindo.

Frente a esses eventos, surgiram preocupações da população com as gerações futuras e instrumentos legais foram instituídos. Dentre esses instrumentos, destaca-se o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e define faixas mínimas das Áreas de Preservação Permanente (APP's) no entorno de rios, lagos, nascentes, declividade e topo de morros, onde o proprietário ou ocupante a qualquer título da área é obrigado a manter e promover a recomposição da vegetação (BRASIL, 2012); e a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) (Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997), tem como objetivos principais assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos (BRASIL, 1997).

Para auxiliar no planejamento e na gestão das bacias hidrográficas, pesquisas têm se utilizado do Geoprocessamento, que se trata de um conjunto de técnicas, também chamadas de Geotecnologias. Estas técnicas são relacionadas à coleta, armazenamento, tratamento e análise de informações espaciais que tornam-se subsídio para análises, diagnósticos e planejamento estratégico para a gestão do espaço geográfico, de maneira efetiva às tomadas de decisões (XAVIER DA SILVA, 2001; ROSA, 2005).

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito possui importantes nascentes e está localizada no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Novo, a montante de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). O Rio Novo está inserido na margem esquerda do Rio Pardo e toda esta área é de grande importância para a população da região que utiliza suas águas para diversos fins, como: geração de energia, abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação de culturas agrícolas e atividades turísticas.

Pesquisas anteriores foram realizadas nesta área, como de Zanata et al. (2012) e Zanata (2014), que mapearam o uso e cobertura das suas terras para os anos de 1962 e 2010. Neste período foram verificadas grandes mudanças, especialmente relacionadas ao surgimento de cultivos agrícolas e silviculturas. A atualização desses dados, em conjunto com a caracterização morfométrica da sub-bacia, é de suma importância no subsídio da sua gestão ambiental, visando a proteção dos solos e a manutenção dos recursos hídricos.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar, utilizando das geotecnologias, os parâmetros morfométricos referentes às características geométricas, de relevo e da rede de drenagem, e o uso e cobertura das terras da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, com o intuito de avaliar suas dinâmicas naturais e antrópicas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de estudo

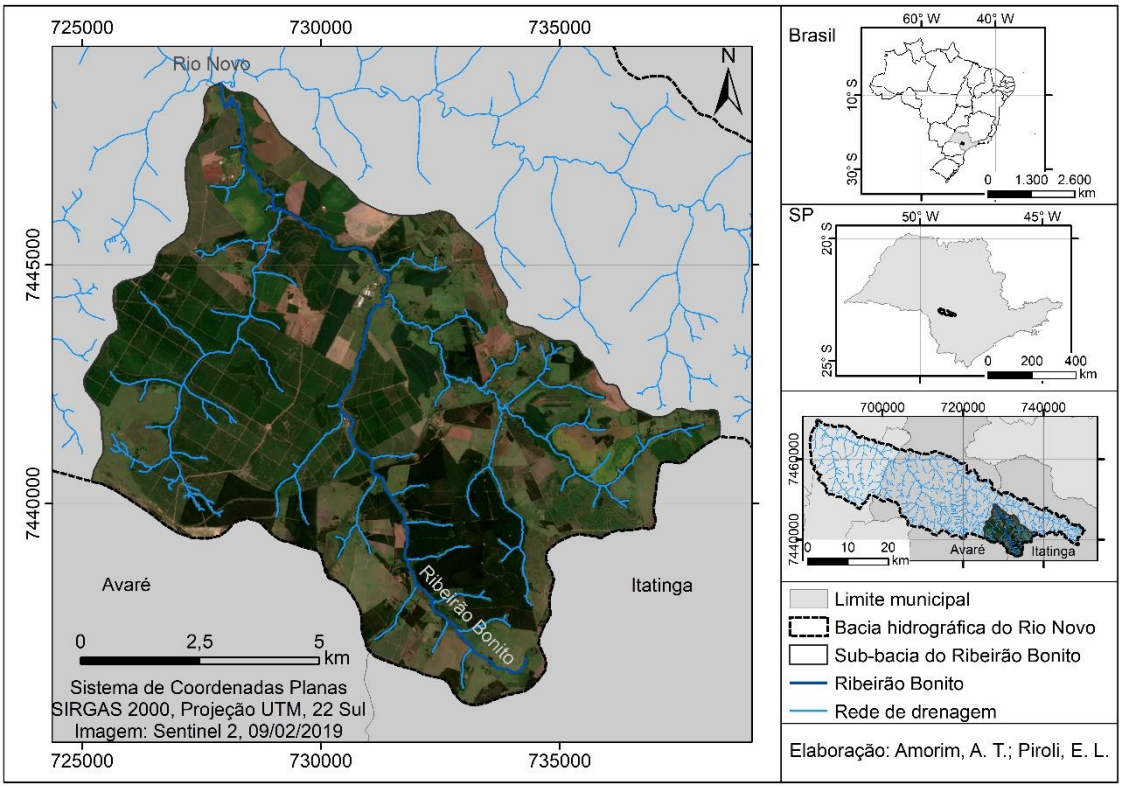
A sub-bacia do Ribeirão Bonito está localizada em parte dos municípios de Avaré e Itatinga, no estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Seu leito principal é o Ribeirão Bonito, que é um afluente do alto curso do Rio Novo, sendo este último, um afluente do Rio Pardo, que por sua vez é um tributário do Rio Paranapanema.

A área de estudo está inserida no domínio do bioma Cerrado (IBGE, 2004) e apresenta a classificação climática Cwa de 50 a 80% (DUBREUIL et al., 2017). Este clima é caracterizado por ser subtropical de inverno seco, com temperaturas médias inferiores a 18ºC e média de precipitação de 62,3mm, e verão úmido com temperaturas médias superiores a 22ºC e média de precipitação de 197,7mm (CIIAGRO, 2019; CLIMATE-DATA, 2019).

Esta região está inserida no Planalto Ocidental Paulista, que é caracterizado por apresentar relevo morfoescultural levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados (ROSS, MOROZ, 1996). As unidades geológicas presentes na área são as Formações Serra Geral e Marília (CPRM, 2006).

A Formação Serra Geral é resultado de intenso magmatismo fissural, representado na forma de espessa cobertura de lavas e são constituídos principalmente por basaltos. Localmente, a Formação Marília faz contato direto com a Serra Geral e é constituída por estratos tabulares de aspecto maciço (PEATE et al., 1992; FERNANDES; COIMBRA, 2000; CPRM, 2006).

Figura 1: Localização da sub-bacia do Ribeirão Bonito, SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-Amarelo (ROSSI, 2017). Estes solos são constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, apresentam-se em avançado estágio de intemperização, com propriedades físicas favoráveis, são profundos e bem drenados, tornando esses solos aptos para a agricultura (EMBRAPA, 2018).

Base Cartográfica

A base cartográfica foi construída para a obtenção dos vetores dos dados planimétricos (referentes à rede de drenagem) e dos dados altimétricos (referentes às curvas de nível). Essa base permitiu a delimitação da sub-bacia hidrográfica e a geração dos demais produtos descritos a seguir.

A rede de drenagem foi obtida a partir da vetorização das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), em escala 1:10.000, dos municípios de Avaré e Itatinga. Essas cartas são possíveis de serem acessadas *online*

a partir da extensão *CSW Client for ArcGIS - GeoPortal* (GitHub, 2014) incorporada ao *software* ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014). Posteriormente foram realizadas retificações dessas informações planimétricas a partir da imagem do satélite Sentinel 2 (cena: T22KGV), de fevereiro de 2019, obtida através da plataforma *online* e gratuita *Earth Explorer* (USGS, 2019). Para isso, foi gerada uma composição natural, pelas bandas espectrais do vermelho (banda 4), verde (banda 3) e azul (banda 2) nos canais RGB, respectivamente, que possuem resolução espacial de 10 metros.

As curvas de nível foram derivadas da imagem de radar do Alos Palsar (ASF DAAC, 2011) (órbita absoluta da cena: 27000, *path*: 64, *frame*: 6720), de fevereiro de 2011, corrigida radiometricamente no terreno, com pixel de 12,5 metros (ASF DAAC, 2020). Para isso, curvas de nível foram extraídas, em equidistância de 15 metros, a partir da ferramenta *Spatial Analyst Tools – Surface – Contour* do ArcGIS.

Análise morfométrica

Para a análise morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Bonito, foram avaliadas suas características geométricas da forma, do relevo e da rede de drenagem. Para isso, inicialmente foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT) usando o método da Malha Irregular Triangular (TIN), com base nas curvas de nível extraídas da base cartográfica, e posterior conversão em arquivo matricial, com pixels de 10 metros. Deste modelo, foram derivadas a hipsometria, as declividades e a orientação do terreno da área de estudo.

O mapa hipsométrico apresenta as características do relevo, baseado nas cotas altimétricas originadas a partir do nível médio do mar, classificadas em faixas altimétricas. Para a obtenção do mapa de declividade e orientação do terreno, o MDT foi processado nos módulos '*slope'* e '*aspect'*, respectivamente, do ArcGIS.

O mapa de declividades tem o propósito de estimar a proporção entre os desníveis do terreno e suas respectivas distâncias horizontais, enquanto o mapa de orientação do terreno considera a direção transversal às curvas de nível, no sentido descendente, acompanhando o fluxo esperado do escoamento superficial e é expressa em graus (VALERIANO; ALBUQUERQUE, 2010).

Nesse sentido, adotou-se a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2018) para a representação das declividades e forma de relevo (Tabela 1) e, para conceber a orientação do terreno, os graus de orientação foram classificados conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 1: Intervalos de declividade e classes de relevo

Intervalo de declividade (%)	**Forma de relevo**
0 a 3	Plano
> 3 a 8	Suavemente ondulado
> 8 a 20	Ondulado
> 20 a 45	Fortemente ondulado
> 45 a 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Embrapa, 2018.

Tabela 2: Classes de graus e orientação do terreno

Grau de orientação (°)	**Orientação do terreno**
-1 a 0	Plano
> 0 a 22,5	Norte
> 22,5 a 67,5	Nordeste
> 67,5 a 112,5	Leste
> 112,5 a 157,5	Sudeste
> 157,5 a 202,5	Sul
> 202,5 a 247,5	Sudoeste
> 247,5 a 292,5	Oeste
> 292,5 a 337,5	Noroeste
> 337,5 a 360	Norte

Fonte: ESRI, 2014.

Os parâmetros morfométricos analisados para a sub-bacia foram calculados por meio de rotinas de geoprocessamento no ArcGIS, utilizando como dados de entrada: o MDT e o limite da sub-bacia. Estes parâmetros estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros morfométricos analisados

Características Geométricas	**Definição e Equação**
Área (A)	Área total da sub-bacia hidrográfica, delimitada pelos divisores de água, estimado a partir do seu limite vetorial (km²).
Perímetro (P)	Medida do contorno da sub-bacia, medido ao longo dos divisores de água, estimado a partir do seu limite vetorial (km).
Comprimento (L)	Comprimento, em linha reta, do eixo da bacia (km).
Índice de circularidade (Ic)	Relaciona a forma da sub-bacia ao formato de um círculo. Varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1, tende ao formato circular (CHRISTOFOLETTI, 1980). $Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2}$
Coeficiente de compacidade (Kc)	Relaciona o perímetro da sub-bacia com a circunferência de um círculo de área igual à área da bacia. Quando o Kc for próximo de 1, a bacia se aproxima de um formato circular e quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será o coeficiente (> 1) (GRAVELIUS, 1914). $Kc = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{A}}$
Fator de forma (Kf)	Relaciona a forma da sub-bacia à de um retângulo, correspondendo a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Quanto mais próximo de 1, próximo do formato retangular é a sub-bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). $Kf = \frac{A}{L^2}$
Características do Relevo	**Definição**
Altitude mínima (Hmín)	Representa a mínima elevação do terreno da sub-bacia, com referência ao nível médio do mar.
Altitude média	Representa a elevação média do terreno da sub-bacia, com referência ao nível médio do mar.
Altitude máxima (Hmáx)	Representa a máxima elevação do terreno da sub-bacia, com referência ao nível médio do mar.
Declividade mínima	Representa a inclinação mínima do terreno da sub-bacia.
Declividade média	Representa a inclinação média do terreno da sub-bacia.
Declividade máxima	Representa a inclinação máxima do terreno da sub-bacia.
Orientação do terreno	Considera a orientação predominante dos declives no terreno da sub-bacia.
Características da Rede de Drenagem	**Definição e Equação**
Ordem dos fluxos	Classificação que reflete o grau de ramificação dos fluxos d'água na sub-bacia (STRAHLER, 1957).
Comprimento total da rede de drenagem (Lt)	Medida do somatório do arquivo vetorial da rede de drenagem, considerando o curso d'água principal e todos os seus tributários (km).
Comprimento do curso principal (Lc)	Comprimento do arquivo vetorial do curso d'água principal, desde a nascente até o exutório da sub-bacia (km).

Comprimento direto do curso principal (Ld)	Comprimento direto do curso d'água principal, desde a nascente até o exutório da sub-bacia, desconsiderando as sinuosidades (km).
Densidade de drenagem (Dd)	Exibe o grau de desenvolvimento e eficiência do sistema de drenagem da sub-bacia. Variam de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas (VILLELA; MATTOS, 1975). $Dd = \frac{Lt}{A}$
Coeficiente de sinuosidade hidráulico (Is)	É a razão entre o comprimento do canal do rio e o comprimento máximo da bacia que o forma. Podem ser definidos como: retilíneo (<1,05); sinuoso (de 1,05 a 1,50); meandrante (> 1,50 a 1,80); entrelaçado (> 1,80 a 2,0); e anastomosado (> 2,00). (MORISAWA, 1975). $Is = \frac{Lc}{Ld}$
Tempo de concentração (Tc)	Tempo do escoamento em todos os cursos d'agua na bacia, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação (KIRPICH, 1940). $Tc(min) = 85{,}2\left(\frac{Ld^3}{(Hmáx - Hmín)}\right)^{0{,}385}$

Fonte: Elaborado pelos autores

Mapeamento do uso e cobertura das terras

Para investigar os usos naturais e antrópicos na sub-bacia do Ribeirão Bonito, foram mapeados os usos e cobertura das terras. Este mapeamento foi realizado por meio da técnica de interpretação visual de imagens (PANIZZA; FONSECA, 2011), em composição natural, com resolução espacial de 10 metros, obtida em 02 de fevereiro de 2019, do *Sentinel 2* (T22KGV). Este mapeamento foi procedido em escala 1:10.000, no ArcGIS.

Também foram consultadas as imagens do *Google Earth Pro*, que permitiram melhor visualização das classes do mapeamento, o que possibilita eventuais retificações das classes mapeadas. As classes de mapeamento foram definidas a partir da adaptação do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e a partir disso foram mapeadas oito classes de uso e cobertura das terras, sendo elas: água, campestre, cultura permanente, cultura temporária, infraestrutura, mata, pastagem e silvicultura.

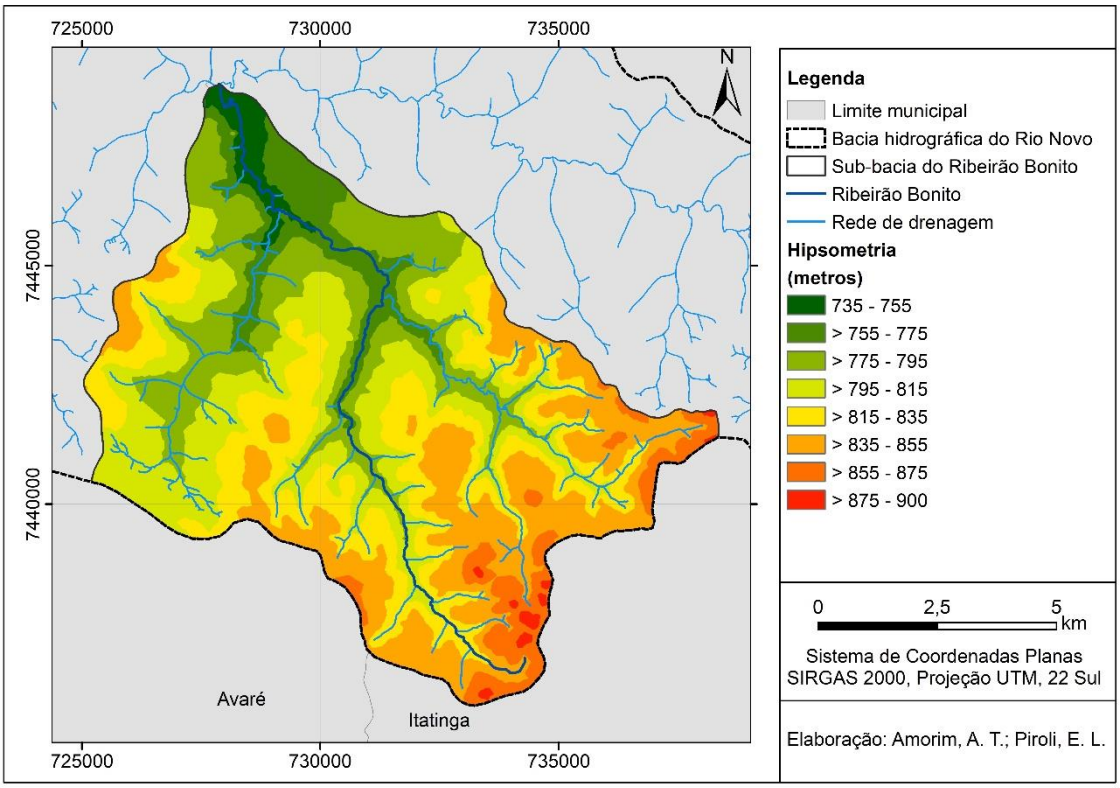
Para verificar os tipos de uso e cobertura nas APP's, foi criado um *buffer* conforme estabelecido no Código Florestal Brasileiro (Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012), que

define estas áreas ao redor das nascentes (50 metros) e no entorno dos cursos d'água (30 metros) (BRASIL, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altitude da sub-bacia do Ribeirão Bonito variou de 735 a 900 metros, com altitude média de 814 metros e variação altimétrica de 165 metros. A Figura 2 apresenta o mapa hipsométrico (derivado do MDT), representado em oito intervalos de altitudes, variando de 20 em 20 metros e a Tabela 3 apresenta os quantitativos de ocorrência dessas classes.

Figura 2: Hipsometria da sub-bacia do Ribeirão Bonito, SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3: Quantificação das classes de altitude

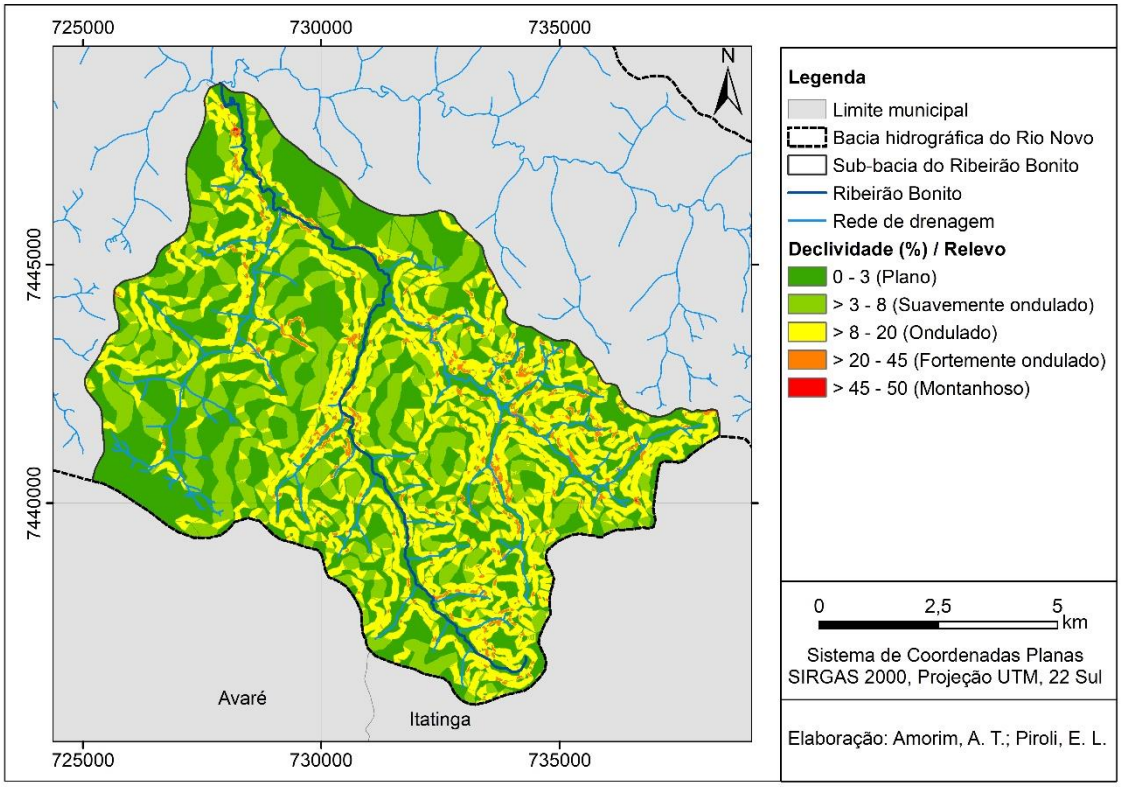
Intervalo (metros)	Área (km²)	Área (%)
735 – 755	2,06	2,44
> 755 – 775	6,67	7,89
> 775 – 795	15,20	17,98
> 795 – 815	20,19	23,88
> 815 – 835	17,66	20,89
> 835 – 855	17,92	21,19
> 855 – 875	4,40	5,20
> 875 – 900	0,45	0,53

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise espacial do mapa hipsométrico mostra que a porção norte da sub-bacia apresenta as menores cotas altimétricas, enquanto, nas porções sul e sudeste, em direção às principais nascentes, estão localizadas as maiores cotas. Cerca de 66% da área da sub-bacia encontra-se representada por cotas altimétricas acima de 795 até 855 metros, enquanto as cotas mais baixas (de 735 a 795m) e as cotas mais altas (acima de 855 até 900 m), aparecem em menores ocorrências com cerca de 28% e 6%, respectivamente.

O relevo da sub-bacia variou de plano a montanhoso, com declividade máxima de 50% e declividade média de 6,38%. A Figura 3 apresenta o mapa de declividade, representando as classes de relevo definidas pela Embrapa (2018), e a Tabela 4 apresenta os quantitativos de ocorrência dessas classes.

Figura 3: Declividade da sub-bacia do Ribeirão Bonito, SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4: Quantificação das formas de relevo

Forma de relevo	Área (km²)	Área (%)
Plano	35,1	41,51
Suavemente ondulado	20,88	24,7
Ondulado	26,55	31,4
Fortemente ondulado	2,01	2,38
Montanhoso	0,01	0,01

Fonte: Elaborado pelos autores.

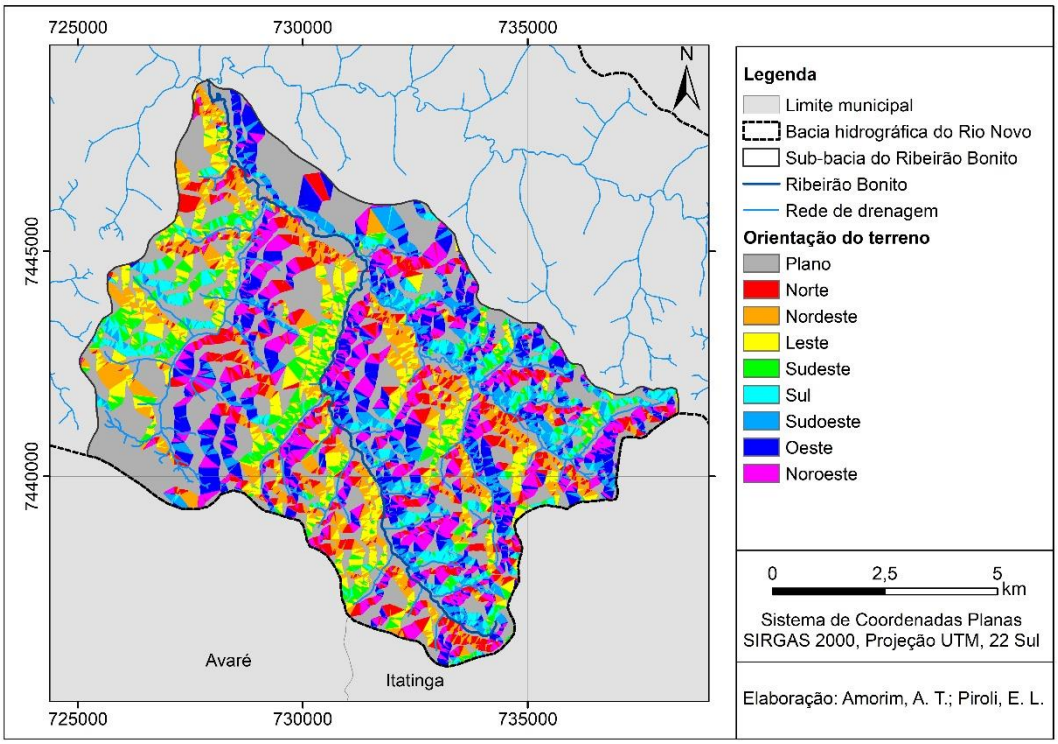
A análise espacial da declividade mostra que as porções sul e oeste da sub-bacia se apresentam predominantemente planas, enquanto as regiões central, leste e sul, apresentam predomínio dos relevos suavemente ondulados e ondulados. Cerca de 97,6% da área da sub-bacia possui relevos planos a ondulados, enquanto apenas 2,4% são fortemente ondulados ou montanhoso.

A baixa variação de altitude do terreno e os declives suaves da maior parte da área, proporcionam um escoamento superficial mais lento, o que consequentemente contribui

para a maior infiltração da água no lençol freático. No entanto, para que essa condição seja contemplada, outros fatores, como o uso e a cobertura das terras, devem ser considerados, pois se as áreas forem compactadas, impermeabilizadas e não tiverem sistemas de drenagem eficientes, tornam-se sujeitas a processos erosivos e às inundações (SOARES et al., 2016). Nesse sentido, mostra-se essencial a manutenção das áreas verdes e a adoção de técnicas de conservação do solo e da água na sub-bacia, tendo em vista a proteção dos solos e a manutenção dos recursos hídricos.

Devido a área da sub-bacia apresentar-se com predomínio de solos do tipo Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-Amarelo (ROSSI, 2017) e possuírem declives predominantes de até 20%, essa área torna-se apta para cultivos agrícolas, pastagens e reflorestamentos (LEPSCH, 1991). No entanto, deve haver planejamento adequado para o manejo e uso racional das terras e da água nessa unidade territorial, de maneira que não afete a qualidade e quantidade desses recursos naturais. A Figura 4 apresenta o mapeamento da orientação do terreno da sub-bacia e a Tabela 5 mostra seus quantitativos de ocorrência.

Figura 4: Orientação do terreno da sub-bacia do Ribeirão Bonito, SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 5: Quantificação das orientações do terreno

Orientação do terreno	Área (km²)	Área (%)
Plano	30,57	36,16
Norte	6,12	7,24
Nordeste	8,1	9,58
Leste	7,01	8,29
Sudeste	5,11	6,04
Sul	3,97	4,70
Sudoeste	5,83	6,90
Oeste	8,56	10,12
Noroeste	9,28	10,97

Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível verificar que o terreno da sub-bacia é predominantemente plano (36,16%), porém as orientações do quadrante norte (norte, nordeste e noroeste) ocorrem em cerca de 27,8%, enquanto as orientações no quadrante sul (sul, sudeste e sudoeste) ocorrem em cerca de 17,6%. Estudos similares indicam que, no hemisfério sul, as bacias com orientação do terreno voltadas ao norte recebem maior quantidade de calor do que as de orientação sul, influenciando diretamente no quantitativo de vegetação, exposição do vento, evapotranspiração e na produtividade de águas subterrâneas (TONELLO et al., 2006; FERRARI et al., 2013; LOPES et al., 2018).

A sub-bacia do Ribeirão Bonito tem uma área de drenagem de 84,55 km² e perímetro de 44,23 km. A Tabela 6 apresenta os resultados dos parâmetros morfométricos referentes às características geométricas, do relevo e da rede de drenagem da sub-bacia em estudo.

Tabela 6: Resultados dos parâmetros morfométricos analisados da sub-bacia do Ribeirão Bonito, SP

Características Geométricas	
Área (A)	84,55 km²
Perímetro (P)	44,23 km
Comprimento (L)	14,22 km
Índice de circularidade (Ic)	0,54
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,35
Fator de forma (Kf)	0,42

Características do relevo	
Altitude mínima (Hmín)	735 m
Altitude média	814 m
Altitude máxima (Hmáx)	900 m
Declividade mínima	0%
Declividade média	6,38%
Declividade máxima	50%
Orientação do terreno	Plano
Características da Rede de Drenagem	
Ordem dos fluxos	5
Comprimento total da rede de drenagem (Lt)	99,6 km
Comprimento do curso principal (Lc)	18,4 km
Comprimento direto do curso principal (Ld)	13,6 km
Densidade de drenagem (Dd)	1,17 km/km²
Coeficiente de sinuosidade hidráulico (Is)	1,35
Tempo de concentração (Tc)	243,2 minutos ou 4,1 horas

Fonte: Elaborado pelos autores.

As características geométricas indicam que a sub-bacia do Ribeirão Bonito tem formato alongado, comprovado pelos valores de Ic (0,54), Kc (1,35) e Kf (0,42) e esse caráter indica que a sub-bacia possui menor concentração do deflúvio e, devido a isso, baixa suscetibilidade às enchentes, em condições normais de precipitação (GRAVELIUS, 1914; VILLELA; MATTOS, 1975; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Tonello et al. (2006) afirmam que a forma da bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração da água, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Entretanto, Soares et al. (2016) ressalta que, para a indicação mais precisa da probabilidade de ocorrência de enchentes em bacias hidrográficas, é necessário que seja realizada a análise conjunta das características geométricas da bacia, além do gradiente topográfico, tipologia de solos, padrões de uso e cobertura das terras e regime das precipitações pluviais.

A sub-bacia do Ribeirão Bonito possui um tempo de concentração de água da chuva considerado alto (Tc=4,01h) pelo fato do seu formato ser alongado e possuir baixa amplitude hipsométrica. Villela e Mattos (1975) indicam que, quanto maior o tempo de

concentração, menor a vazão máxima de cheia, se mantidas constantes as outras características.

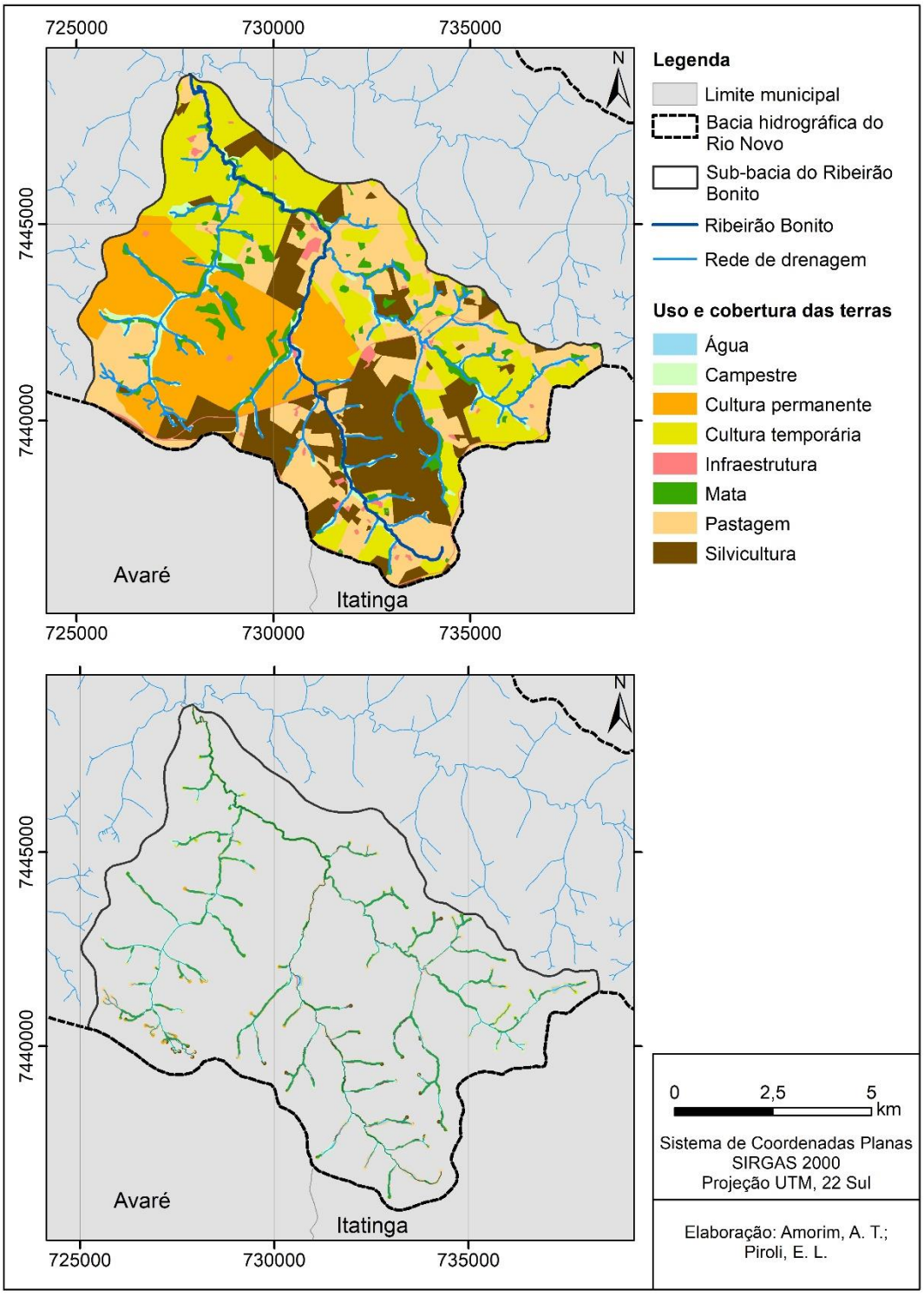
Quanto às características da rede de drenagem, a sub-bacia possui uma hierarquia fluvial de cinco ordens (STRAHLER, 1957) de padrão dendrítico (CHRISTOFOLETTI, 1980). Tonello et al. (2006) afirmam que ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas, reflete os efeitos diretos do uso da terra e considera que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem. O padrão dendrítico, segundo Lima (2008), deriva da interação entre o clima e a geologia em regiões de litologia homogênea e são típicos em regiões onde predominam rochas de resistência uniforme, como o ocorre na área de estudo, onde a rede de drenagem se desenvolve sobre rochas resistentes das formações Serra Geral e Marília.

A densidade de drenagem é importante na indicação do grau de desenvolvimento da bacia e, segundo a classificação de Villela e Mattos (1975), a sub-bacia é mal drenada (Dd=1,17). Esta característica ocorre, muito provavelmente, devido ao relevo plano e presença de declives suaves na maior parte da área, indicando que a sub-bacia tem baixa capacidade de escoamento superficial. Em consequência disso, exibe a necessidade de que o uso e cobertura das terras garantam a infiltração de água no solo, para reduzir os riscos de inundação pelo extravasamento dos canais fluviais.

Morisawa (1975) define que a sinuosidade dos rios varia de retilíneos (Is < 1,05) a anastomosados (Is > 2,0), enquanto os valores intermediários indicam formas transicionais. Os sistemas de drenagem com canais de tendência retilínea tendem a apresentar fluxo de água mais rápido e maior transporte de sedimentos (Soares et al., 2016). O curso principal da sub-bacia do Ribeirão Bonito é sinuoso (Is=1,35), entretanto, a velocidade do escoamento e seu potencial erosivo são diminuídos devido à baixa declividade do relevo.

A Figura 5 apresenta o mapeamento do uso e cobertura das terras de toda extensão territorial da sub-bacia e também um recorte desses usos nas APP's e a Tabela 6 mostra o seus quantitativos de ocorrência.

Figura 5: Uso e cobertura das terras da sub-bacia e das APP's do Ribeirão Bonito, SP.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 6: Quantificação do uso e cobertura das terras na sub-bacia e das APP's

Classe	Sub-bacia		APP's	
	Área (km²)	Área (%)	Área (km²)	Área (%)
Água	0,22	0,26	-	-
Campestre	3,33	3,94	1,68	27,05
Cultura permanente	17,29	20,45	0,19	3,06
Cultura temporária	18,64	22,04	0,16	2,58
Infraestrutura	1,29	1,53	0,04	0,64
Mata	6,06	7,17	2,84	45,73
Pastagem	21,53	25,46	1,02	16,43
Silvicultura	16,19	19,15	0,28	4,51

Fonte: Elaborado pelos autores.

A classe Água inclui os lagos, lagoas e açudes; a classe Campestre é caracterizada pela predominância de arbustos espaçados sobre estrato gramíneo-lenhoso e pelas formações de influência fluvial (lacustre arbustiva e herbácea); as Culturas permanentes correspondem aos cultivos agrícolas de longa duração, que permanecem vinculados ao solo e proporcionam colheitas em determinados períodos (na área de estudo, esta categoria é representada por plantações de laranja); as Culturas temporárias são aquelas de curta ou média duração, que após a produção deixam o terreno disponível para o manejo do solo e novo plantio (com predominância de milho, soja, feijão e cana de açúcar), as Infraestruturas correspondem às edificações, vias pavimentadas e ferrovia; a classe Mata engloba os fragmentos florestais remanescentes em estágios iniciais, médio e avançados de regeneração; as Pastagens são áreas cobertas por vegetação gramíneas, destinadas ao pastoreio de animais de pequeno, médio ou grande porte; e a classe Silvicultura é representada pelos plantios de espécies florestais exóticas (eucalipto e pinus, basicamente).

É possível verificar que na sub-bacia há um predomínio de área coberta por pastagens (25,46%), seguido de culturas temporárias (22,04%), culturas permanentes (20,45%) e silviculturas (19,15%), enquanto os menores percentuais são de água (0,26%), infraestruturas (1,53%), campestre (3,94%) e mata (7,17%). As APP's ocupam uma área de 6,21 km², o que corresponde a 7,34% da área total da sub-bacia. Nelas, apenas cerca

de 45,73% estão em conformidade com a legislação brasileira e cerca de 54,27% estão em conflito de uso e cobertura das terras.

Zanata (2014) mapeou os usos e cobertura das terras da sub-bacia do Ribeirão Bonito para os anos de 1962 e 2010. A autora verificou um predomínio de pastagens (80,55%) e apenas 5,8% de cobertura florestal no ano de 1962, por outro lado, no ano de 2010, a referida sub-bacia também apresentou um predomínio de pastagens (51,45%), seguido de cultivos agrícolas (33,04%) e apenas 6,2% de cobertura florestal. Nessas datas mapeadas anteriormente, foram verificados percentual florestal nas APP's de 39,6% em 1962 e de 33,5% em 2010 (ZANATA et al., 2012; ZANATA, 2014).

Diante da análise dos mapeamentos do uso e cobertura das terras da sub-bacia, anteriores (de 1962 e 2010) e atual (de 2019), observou-se uma redução das áreas anteriormente cobertas de pastagens e sua substituição por cultivos agrícolas e silviculturas. Além disso, observou-se um pequeno acréscimo de cobertura florestal na sub-bacia (cerca de 1,3% desde 1962), apresentando um maior acréscimo desta cobertura nas APP's (cerca de 12,2%). Este acréscimo evidencia que houve uma recomposição de espécies arbóreas na sub-bacia, especialmente nas APP's.

A partir disso foi possível verificar que a sub-bacia possui baixa ocorrência de cobertura florestal, com influência de apenas 7,17% de sua extensão territorial. Análise semelhante foi apresentada Leal e Tonello (2016) na sub-bacia do Córrego Ipaneminha, em Sorocaba-SP, com apenas 20,26% de cobertura florestal. Por outro lado, na bacia do rio Murundú-Paiol, em Ibiúna-SP, foi constatada maior ocorrência de cobertura florestal, com cerca de 58% de todo território (AMORIM et al., 2019).

Estes resultados corroboram com a análise de autores que evidenciam que a posição em que os fragmentos florestais se encontram está diretamente relacionada ao histórico de perturbação (CUNHA et al., 2012; ABDALLA; CRUZ, 2015). Nesse sentido a sub-bacia do Ribeirão Bonito, que possui relevo predominantemente plano e suavemente ondulado, tende a facilitar o acesso da população para a implantação de atividades agrícolas e de infraestruturas.

Com isso, é evidente o baixo percentual de cobertura florestal encontrado nessa área, assim como é também encontrado na sub-bacia do Córrego Ipaneminha por Leal e

Tonello (2016), onde o relevo predominante varia de suavemente ondulado a ondulado. Diferentemente desta realidade, na bacia do rio Murundú-Paiol, onde foram encontrados maiores percentuais de cobertura florestal, o relevo predominante é fortemente ondulado, o que dificulta o acesso da população, devido à elevação dos custos no contexto de implantações das atividades antrópicas, contribuindo com maior preservação dessas áreas (AMORIM et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito exibem uma dinâmica natural indicativa de baixa suscetibilidade à ocorrência de enchentes, sobretudo pelo seu formato alongado. Apresentou uma hierarquia fluvial de cinco ordens, padrão dendrítico e é considerada mal drenada. No entanto, devido à baixa amplitude hipsométrica e presença de declives suaves, essa condição torna-se contemplada especialmente pelo seu uso e cobertura das terras, que apesar de baixa ocorrência de cobertura florestal, as presentes são favoráveis à infiltração da água e, se manejados corretamente, apresenta-se uma área importante para a proteção dos solos e a manutenção dos recursos hídricos.

Vale ressaltar que é necessária a implementação de medidas de recuperação das APP's, uma vez que cerca de 54,27% delas estão em conflito de uso das terras e a recuperação dessas áreas possuem grande relevância na melhoria das funções ecológicas, assim como na manutenção da perenidade dos recursos hídricos e da biodiversidade da sub-bacia. Além disso, recomenda-se a adoção de planejamento integrado para a área da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, o que definiria e implementaria estratégias de manejo que busquem conciliar o uso e ocupação das terras com a proteção e manutenção dos recursos naturais.

A utilização das Geotecnologias se apresentara como importantes ferramentas que possibilitaram a análise da sub-bacia e o confronto de informações que contribuíram com a orientação da fiscalização e com a implantação de ações voltadas à gestão e à recuperação dessas áreas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 1, p. 169- 184, 2015.

AMORIM, A.T; SOUSA, J.A.P.; LOURENÇO, R.W. Indicador dos Estágios de Sucessão de Fragmentos Florestais do Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 3, p. 756-780, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n3-48546.

ASF DAAC. Alaska Satellite Facility. Distributed Active Archive Center. Earth Data – NASA. **ALOS PALSAR [AP_27000_FBS_F6720_RT1]**; Inclui material. JAXA / METI 2011. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>. Acesso em 12 fev. 2019.

ASF DAAC. Alaska Satellite Facility. Distributed Active Archive Center. **ALOS PALSAR - Radiometric Terrain Correction**. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>. Acesso em 06 jun. 2020.

BERLANDA, A.; MOURA, C. N.; SÁ, E. A. S.; BIFFI, L. J.; BECEGATO, V. A. Dinâmica da alteração da cobertura vegetal e uso da terra com suporte de geotecnologia na Bacia Hidrográfica do Rio Desquite-SC. **R. Ra'e Ga**, v.43, p. 43-56, 2018. DOI: 10.5380/raegaCuritiba.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2° ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1980. 188p.

CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometereológicas. **Série histórica de pluviosidade mensal de Avaré e Itatinga – SP**. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CLIMATE-DATA. Climate-data.org. **Dados Climatológicos para Avaré e Itatinga**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo-200/>. Acesso em: 23 ago. 2019.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006.

CUNHA, J. E. B. L.; et al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 539-548, 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012000500010

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, v. 41, p. 01-27, 2017. DOI: 10.4000/echogeo.15017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, revisada e ampliada, Brasília-DF: Embrapa, 2018. 590p.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGis 10.3**. 2014.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (Neocretaceo). **Revista Brasileira de Geociências**. v. 30, n. 4, p. 717-728, 2000. DOI: 10.25249/0375-7536.2000304717728.

FERRARI, J. L. et al. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.2, p.181-188, 2013. DOI: 10.5039/agraria.v8i2a1575.

GitHub. Esri. Geoportal Server Downloads. **CSW Client for ArcGIS**. 2014. Disponível em: <https://github.com/Esri/geoportal-server/wiki/Geoportal-CSW-Clients#Download>. Acesso em: 01 de fev. de 2019.

GRAVELIUS, H., 1914. Flusskunde. Goschen Verlagshan dlug Berlin. In ZAVOIANU, I. 1985. In: **Morphometry of Drainage Basins**. Elsevier, Amsterdam.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências, Informações Ambientais, Geomorfologia**. Atualização: 2006. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 27 de novembro de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil**, 2004.

KIRPICH, Z.P. Time of concentration of small agricultural watersheds. **Civil Engineering**, v. 10, n. 6, p. 362, 1940.

LEAL, M.S.; TONELLO, K.C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Ipaneminha de baixo, Sorocaba/SP. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 439-446, 2016. DOI: 10.5380/rf.v46i4.45809.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª Ed. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ-Departamento de Ciências Florestais, 2008. 253 p.

LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A.P.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Modelagem ambiental de bacias hidrográficas: caracterização morfométrica e pedológica da bacia do rio Una – Ibiúna, Brasil. **Geosul**, v. 33, n. 66, p.105-127, 2018. DOI: 10.5007/2177-5230.2018v33n66p105.

MORISAWA, M. Tectonics and geomorphic models. In: MELHORN, W. N.; FLEMAL, R. C. (edits.). **Theories of landform development**. London: G. Allen & Unwin, p.199-216, 1975.

OLIVEIRA, D. A.; ASSUNÇÃO, W. L. O uso da água e do solo da bacia hidrográfica do Córrego Lajeado Araguari - MG. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p. 204-219, 2013.

ORTEGA, D.J.P.; POMPÊO, M.L.M. Determination of environmental pressure that land use exert on water resources in the Juqueri river basin, in the municipality of Mairiporã, State of São Paulo, Brazil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v.6, n.3, p. 264-286, 2017. DOI: 0.21664/2238-8869.2017v6i3.p264-286.

PANIZZA, A. C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), n. 30, p. 30-43, 2011. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74230.

PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin of Volcanology**, v. 55, n. 1, p. 119-139, 1992. DOI: 10.1007/BF00301125.

PEREIRA, B.W.F.; MACIEL, M.N.M.; OLIVEIRA, F.A.; ALVES, M.A.M.S.; RIBEIRO, A.M.; FERREIRA, B.M.; RIBEIRO, E.G.P. Land use and water quality degradation in the Peixe-Boi River watershed. **Rev. Ambient. Água**, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016. DOI: 10.4136/ambi-agua.1802.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 16, p. 81-90. 2005. DOI: 10.7154/RDG.2005.0016.0009.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista de Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1996. DOI: 10.7154/RDG.1996.0010.0004.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

SOARES, L.S.; LOPES, W.G.R.; CASTRO, A.C.L.; ARAUJO, G.M.C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p.82-10, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v31i0.107715.

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

TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000500019.

USGS. United States Geological Survey. Science for a changing world. **Earth Explorer – Home**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 12 fev. 2019.

VALERIANO, M.M.; ALBUQUERQUE, P.C.G. **Topodata**: processamento dos dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2010. 79 p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1ª ed., Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. 228 p.

ZANATA, J.M. **Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga-SP**. 2014. 122 f. Dissertação

(mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP. 2014.

ZANATA, J.M.; PIROLI, E. L.; DELATORRE, C. C. M.; GIMENES, G. R. Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente da microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em técnicas de Geoprocessamento. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1262-1272, 2012.

ZANATTA, F.A.S.; LUPINACCI, C.M; BOIN, M.N. Morfometria do relevo e dinâmica erosiva linear em área rural degradada no Oeste Paulista. **Revista Ra'e Ga**, v.41, p. 82-97, 2017. DOI: 10.5380/raegaCuritiba.

Recebido em março de 2020.

Revisado em junho de 2020.

Aceito para publicação em setembro de 2020.