

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LETÍCIA DE OLIVEIRA PEREIRA

**USOS E COBERTURA DA TERRA NA APA DE ITUPARARANGA: A
CRITICIDADE DA PAISAGEM NAS APPs**

Sorocaba – SP

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LETÍCIA DE OLIVEIRA PEREIRA

**USOS E COBERTURA DA TERRA NA APA DE ITUPARARANGA: A
CRITICIDADE DA PAISAGEM NAS APPs**

Dissertação apresentada, em nível de Mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Roberto Martines

Sorocaba – SP

2022

Oliveira Pereira, Letícia de

Usos e cobertura da terra na APA de Itupararanga: a criticidade da paisagem nas APPs / Letícia de Oliveira Pereira -- 2022.

91f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Marcos Roberto Martines

Banca Examinadora: Ismail Barra Nova de Melo, Ricardo Vicente Ferreira

Bibliografia

1. Recursos hídricos. 2. Conservação. 3. Álgebra de mapas. I. Oliveira Pereira, Letícia de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Humanas e Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Letícia de Oliveira Pereira, realizada em 26/04/2022.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Marcos Roberto Martines (UFSCar)

Prof. Dr. Ismail Barra Nova de Melo (UFSCar)

Prof. Dr. Ricardo Vicente Ferreira (UFTM)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

AGRADECIMENTOS

Já diziam os Novos Baianos, que “(...) pela lei natural dos encontros, eu deixo e recebo um tanto...” e assim eu caminho, há quase 29 nove anos de existência, somando experiências, conhecimentos e ensinamentos com cada pessoa que permito compartilhar momentos, em cada lugar que visito e revisito em presença e lembranças...

A concretização deste sonho, a finalização desta pesquisa, só foi possível pelas conjunturas de um passado político que me permitiu sonhar - uma jovem pobre, classe média baixa, fazendo Ciência em um país onde a valorização ao ensino e à pesquisa sempre caminharam em passos lentos e agora, mais do que nunca, estão ameaçados. Persistência. Resistência.

Aos meus pais, Lucy e Jair, e, aos meus irmãos, Bruno e Camila, aos meus cunhados, Emília e Diego, e, aos meus pequenos amores, sobrinhos, Nicolás e Thomas, nem as mais belas palavras que existem no dicionário poderão expressar minha gratidão e amor por vocês... Eu sei, são anos tornando os estudos como prioridade, mas de forma cruel, durante o caminhar dessa pós eu senti o maior medo da vida, perdê-los, como perdi tantos outros, sem ter abraçado como gostaria, compartilhado alegrias e tristezas como deveria... Espero que me perdoem um dia, mas não esqueçam, também, que cada conquista minha carrega muito de cada um de vocês!

Do início ao fim, muitos colegas e amigos foram extremamente importantes e não poderia deixar de lembrar como foi bom tê-los por perto... Ana Basílio, Pâmela Baena, Laís (Varvito), José Américo; Gabriela Yala, Maria Eduarda, Roger Gonzalez, Rodrigo Vitor, Rodrigo Rodrigues, e, aos que estiveram ao meu lado, também, nesta reta final, Adrielle Baldasso, Vitor Ribeiro, minha psicóloga Eloá Lopes, e, Rafael Prieto.

Ao NEEPC pelos aprendizados, principalmente ao Prof. Dr. Rogério Toppa, pelos caminhos abertos, pelas sugestões e disposição em ajudar sempre, gratidão! E ao meu brilhante orientador, Prof. Dr. Marcos Martines, por todo incentivo, pelas incansáveis horas de dedicação e conselhos, por me aproximar da ciência e me ajudar a compreender que sou capaz de muito mais, e, pela compreensão, paciência e respeito que teve por todo o meu processo e necessidades.

À Geografia da UFSCar (graduação e pós), entre professores, alunos, técnicos de laboratórios, secretaria, e, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento parcial da pesquisa e a possibilidade de tornar a pesquisa viável em momento oficial, meu profundo agradecimento!

Continuarei pelas estradas, deixando e recebendo outros tantos, com imensa gratidão!!!

RESUMO

PEREIRA, Letícia de Oliveira. Usos e Coberturas da Terra na APA de Itupararanga: A criticidade da paisagem nas APPs. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022.

Os diferentes usos da terra e o desenvolvimento das atividades humanas, em cada território, a depender da interação entre os elementos, condicionam arranjos estruturais da paisagem específicos, fragmentados e heterogêneos, que, podem interferir no equilíbrio dos ecossistemas, demandando a implementação de ferramentas de gestão e ordenamento territorial, como a consolidação de áreas protegidas ambientalmente. A APA de Itupararanga foi criada em 1998 à conservação dos remanescentes da Mata Atlântica e, principalmente, aos recursos hídricos no Estado de São Paulo. A conservação dos recursos hídricos demanda uma análise da interação e a unidade funcional entre o elemento água e os demais elementos da paisagem - vegetação e a declividade. Assim, o trabalho se fundamentou na análise da paisagem nas APPs em cada sub-bacia da APA em relação à potencialidade de conservação aos recursos hídricos, possibilitando compreender as APPs em situação de maior criticidade. As principais etapas do trabalho foram: 1. Delimitação da hidrografia e sub-bacias por cartas topográficas do IBGE e MDE de imagem do satélite ALOS; 2. Delimitação das APPs (*buffer*) de 30m aos canais e 50m nas cabeceiras de drenagem e nascentes; 3. Obtenção da declividade pelo MDE; 4. Classificação manual dos Usos e Coberturas da Terra através de imagens de satélite do *Google Earth*, escala 1:10.000; 5. Caracterização da paisagem em cada sub-bacia com a quantificação de cada uso e cobertura mapeada; 6. Caracterização da criticidade da paisagem nas APPs em cada sub-bacia, através da Álgebra de Mapas por ponderação e soma de valores entre as declividades e os usos e coberturas em classificação muito alta, alta, média, baixa ou muito baixa à potencialidade de conservação dos recursos hídricos, e; 7. Análise da similaridade entre as sub-bacias por agrupamento de dados em estatística exploratória (*clustering* hierárquico). A APA apresenta 1/3 de seu território coberto por remanescentes florestais, e em todas as 9 sub-bacias o maior percentual de área de APP é classificado com muito alta potencialidade à conservação aos recursos hídricos, sendo que as Sub-bacias 6 e 8 apresentam alta similaridade entre si e as condições mais favoráveis à conservação, justamente localizadas em zonas de conservação aos recursos naturais, conforme Plano de Manejo da APA, enquanto, as Sub-bacias 3 e 7 apresentam alta similaridade entre si e alta dissimilaridade em relação às demais, com o os maiores percentuais de APPs com baixa e muito baixa potencialidade, ou seja, as áreas mais críticas à conservação dos recursos hídricos, incidindo em áreas urbanizadas, agrícolas e industriais, associadas aos relevos ondulado e forte ondulados. A análise multicriterial dos elementos da paisagem fez-se útil à análise e classificação das APPs com maior potencial à conservação dos recursos hídricos na APA, além de evidenciar as áreas críticas, que necessitam de especial atenção às práticas de gestão territorial e planejamento ambiental.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Conservação. Álgebra de Mapas.

ABSTRACT

PEREIRA, Leticia de Oliveira. Land uses and cover in the Itupararanga Environmental Protection Area: The criticality of the landscape in the Permanent Preservation Areas (APPs). 2022. Dissertation (Master's degree in Geography). Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2022.

The different land uses and the development of human activities in each territory, depending on the interaction between the elements, condition specific, fragmented and heterogeneous structural arrangements of the landscape, which can interfere with the balance of ecosystems, demanding the implementation of territorial management and planning, such as the consolidation of environmentally protected areas. The Itupararanga Environmental Protection Area was created in 1998 for the conservation of Atlantic Forest remnants and, mainly, for water resources in the State of São Paulo. The conservation of water resources demands an analysis of the interaction and the functional unit between the water element and the other elements of the landscape - vegetation and the slope, for example. Thus, the work was based on the analysis of the landscape in the APPs in each sub-basin of the Environmental Protection Area in relation to the potential for conservation of water resources, making it possible to understand the APPs in a situation of greater criticality. The main stages of the work were: 1. Delimitation of the hydrography and sub-basins by topographic maps from IBGE and MDE from ALOS satellite image; 2. Delimitation of APPs (buffer) of 30m to the channels and 50m to the headwaters of drainage and springs; 3. Obtaining the slope by the MDE; 4. Manual classification of Land Uses and Covers through Google Earth satellite images, scale 1:10,000; 5. Characterization of the landscape in each sub-basin with the quantification of each use and mapped coverage; 6. Characterization of the criticality of the landscape in the APPs of each sub-basin, through the Algebra of Maps by weighting and summing the values between the slopes and the uses and coverages in very high, high, medium, low or very low classification for the conservation potential of water resources, and; 7. Analysis of the similarity between the sub-basins by grouping data in exploratory statistics (hierarchical clustering). The APA has 1/3 of its territory covered by forest remnants, and in all 9 sub-basins, the highest percentage of APP area is classified with very high potential for conservation of water resources, with Sub-basins 6 and 8 present high similarity with each other and the most favorable conditions for conservation, precisely located in areas of conservation of natural resources, according to the APA Management Plan, while Sub-basins 3 and 7 present high similarity among themselves and high dissimilarity in relation to the others, with the highest percentages of APPs with low and very low potential, that is, the most critical areas for the conservation of water resources, focusing on urbanized, agricultural and industrial areas, associated with undulating and heavily undulating reliefs. The multicriteria analysis of landscape elements was useful for the analysis and classification of APPs with the greatest potential for the conservation of water resources in the APA, in addition to highlighting critical areas, which require special attention to territorial management practices and environmental planning.

Keywords: Water Resources. Conservation. Map Algebra.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga no Estado de São Paulo.....	18
Figura 2 - Mapa de usos da terra na APA de Itupararanga, elaborado ao Plano de Manejo e 2010.....	20
Figura 3 - Representação do Zoneamento Ambiental da APA de Itupararanga.....	22
Figura 4 – Exemplo de composição diversificada de vegetação ripária, com presença de espécies nativas, manejadas, arbustos, gramíneas e cultivos agrícolas.	24
Figura 5 - Hidrografia e sub-bacias da APA de Itupararanga.	30
Figura 6 - Exemplificação da delimitação de APPs na APA de Itupararanga, com a cobertura de 30 metros ao longo dos cursos hídricos e 50 metros em nascentes e cabeceiras.....	31
Figura 7 – Áreas de Preservação Permanente (APPs) delimitadas na APA de Itupararanga.....	32
Figura 8 – Declividade na APA de Itupararanga.....	33
Figura 9 – Usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga.....	48
Figura 10 - Distribuição dos usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga...	49
Figura 11 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 1 - Represa Itupararanga”.	51
Figura 12 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 2 - Ribeirão Ponte Lavrada”.	52
Figura 13 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 3 - Ribeirão Vargem Grande”.	54
Figura 14 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 4 - Sorocamirim NW”.	55
Figura 15 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 5 - Sorocamirim SE”.	57
Figura 16 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 6 - Sorocabuçu SE”.	58

Figura 17 - Representação dos usos e coberturas da terra da “Sub-bacia Sorocabuçu NW”	60
Figura 18 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 8 - Rio Murundu”	61
Figura 19 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 9 - Rio Una”	63
Figura 20 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 1, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	65
Figura 21 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 2, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	66
Figura 22 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 3, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	67
Figura 23 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 4, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	68
Figura 24 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 5, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	69
Figura 25 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 6, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	70
Figura 26 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 7, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	71
Figura 27 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 8, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	72
Figura 28 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 9, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.....	73
Figura 29 – Representação gráfica das áreas resultantes da Álgebra de Mapas nas APPs em cada sub-bacia da APA, ressaltando que a criticidade da paisagem aumenta conforme diminui a potencialidade à conservação dos recursos hídricos. .	75
Figura 30 – Agrupamento das sub-bacias, em relação à potencialidade das APPs à conservação dos recursos hídricos, através de Clustering Hierárquico (Bray-Curtis).	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição do Zoneamento da APA de Itupararanga.	21
Quadro 2 – Chaves de interpretação para classificação manual de usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de usos e coberturas da terra mapeadas na APA de Itupararanga em valores (ha e %), em 2010, à elaboração do Plano de Manejo.	20
Tabela 2 - Delimitação da largura da APP das faixas marginais dos cursos d'água.	27
Tabela 3 – Classes de declividade e respectivos relevos.	33
Tabela 4 – Relação entre as classes e as variáveis e as respectivas notas ponderadas.	42
Tabela 5 – Escala fundamental do AHP.	43
Tabela 6 – Matriz de comparação, normalização dos critérios das variáveis e cálculo dos vetores linha, coluna pareada, e, o vetor propriedade, segundo método AHP. ...	44
Tabela 7 - Classes de usos e coberturas da terra mapeadas na APA de Itupararanga em valores (ha e %).	49
Tabela 8 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 1 na APA de Itupararanga.	50
Tabela 9 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 2 na APA de Itupararanga.	52
Tabela 10 - Usos e coberturas da terra na Sub-Bacia 3 na APA de Itupararanga. ...	53
Tabela 11 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 4 na APA de Itupararanga. ...	55
Tabela 12 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 5 na APA de Itupararanga. ...	56
Tabela 13 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 6 na APA de Itupararanga. ...	58
Tabela 14 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 7 na APA de Itupararanga. ...	59
Tabela 15 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 8 na APA de Itupararanga. ...	61
Tabela 16 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 9 na APA de Itupararanga. ...	62
Tabela 17 – Quantificação de área de APP em cada sub-bacia da APA de Itupararanga.	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	APA DE ITUPARARANGA	17
3.1.1	Uso e Ocupação e Zoneamento Ambiental da APA	19
3.2	RELEVÂNCIA ECO-HIDROLÓGICA DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA	22
3.3	PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1	DELIMITAÇÃO DA APA E ZONEAMENTO AMBIENTAL	29
4.2	DELIMITAÇÃO DA HIDROGRAFIA E SUB-BACIAS	29
4.3	DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)	30
4.4	CLASSIFICAÇÃO DA DECLIVIDADE	32
4.5	CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA	34
4.6	CARACTERIZAÇÃO DO PADRÃO ESTRUTURAL DA PAISAGEM	38
4.7	CARACTERIZAÇÃO DA CRITICIDADE DA PAISAGEM NAS APPS	39
4.7.1	Ponderação dos Atributos	41
4.7.2	Execução da Álgebra de Mapas	45
4.7.3	Análise da Paisagem nas APPs	46
4.8	ANÁLISE DA SIMILARIDADE ENTRE AS SUB-BACIAS	46
5	RESULTADOS	48
6	DISCUSSÃO	77
7	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

A transformação atual das paisagens é relacionada às formas de ocupação dos espaços, através do desenvolvimento de atividades humanas e usos da terra, caracterizando um processo de antropização das denominadas paisagens naturais, e que, conseqüentemente, interfere na conservação da biodiversidade e no equilíbrio da interação entre os elementos dos ecossistemas: (VIANA, 1995; SANTOS, 2007; PRIMACK e RODRIGUES, 2001), necessitando da implementação de ferramentas de gestão e ordenamento territorial, como a consolidação de Unidades de Conservação (UCs), áreas especialmente protegidas com características relevantes e fundamentais à minimização do processo de fragmentação das paisagens em todo planeta (SAITO, et al. 2016).

As denominadas Áreas de Proteção Ambiental (APAs), são a maioria de UCs no país, em número e em área total (km²), classificadas como de uso sustentável, equivalentes à categoria “Paisagem Protegida” no sistema desenvolvido pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), porém, aproximando-se de mecanismos de ordenamento territorial ao invés de verdadeira compatibilização de interesses à conservação local (RYLANDS e BRANDON, 2005), principalmente ao considerar os déficits e desafios da administração e gestão das unidades pelo poder público, em que as decisões, em grande parte, desconsideram estudos rigorosos e específicos - ecológicos, planejamento ambiental, desenvolvimento urbano e econômico, comprometendo a harmonia entre o bem estar da natureza e das pessoas (METZGER, 2006; DEFRIES et al., 2007; WIENS, 2009).

A heterogeneidade de classes de usos da terra e cobertura existentes nas APAs consolidam um padrão estrutural de fragmentação da paisagem que pode resultar em alterações em microclimas; distúrbios nos regimes hídricos das bacias hidrográficas, intensificação de processos erosivos, redução ou perda de habitats, entre outras, caracterizando profundas alterações nos ecossistemas, inclusive na conservação dos recursos hídricos, que demandam uma análise da interação e a unidade funcional entre o elemento água e os demais elementos da paisagem, (MORAES et al., 2012; PRIMACK e RODRIGUES, 2001; SILVA et al., 2007), principalmente na denominadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), estabelecidas, em legislação, como áreas com função ambiental de preservação aos

recursos hídricos, à paisagem, à estabilidade geológica, aos solos e à biodiversidade (BRASIL, 2012).

Localizada no Estado de São Paulo, a APA de Itupararanga, instituída em 1998, desempenha extrema relevância na região da Sub-Bacia do Alto Sorocaba à conservação dos recursos hídricos, responsáveis pelo fornecimento de água potável à população, e remanescente florestais de dois biomas considerados *hotspots* mundiais, a Mata Atlântica e o Cerrado, áreas prioritárias à conservação em função de ampla biodiversidade e ameaças de intensificação das intervenções antrópicas (SALLES et al. 2008). A APA abrange, parcialmente, 9 (nove) municípios com características históricas e econômicas muito distintas, responsáveis por um arranjo estrutural da paisagem significativamente heterogêneo, tornando ainda mais desafiador a gestão da unidade.

A conservação dos recursos hídricos demanda uma análise da interação e a unidade funcional entre o elemento água e os demais elementos da paisagem - vegetação e a declividade, por exemplo. A vegetação, em específico, constitui fundamental relevância à infiltração e escoamento das águas pluviais nas bacias hidrográficas, sendo a sua falta associada à diversos problemas ambientais urbanos e rurais como inundações; assoreamentos, processos erosivos nas margens fluviais e alteração na qualidade da fauna e flora local (TUCCI, 1995; BOTELHO e SILVA, 2004). A legislação brasileira define as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como instrumento de gestão obrigatório à conservação dos recursos hídricos - áreas protegidas que possibilitam e buscam o bem-estar entre os elementos da paisagem, fluxos gênicos e boas condições quali-quantitativas das águas (BOTELHO, 2011)

Nesse contexto, qual é o cenário de criticidade da paisagem nas APPs da APA de Itupararanga à conservação dos recursos hídricos locais? Quais sub-bacias apresentam APPs em condições menos favoráveis à conservação dos recursos hídricos locais?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a criticidade da paisagem das APPs nas sub-bacias da APA de Itupararanga à conservação dos recursos hídricos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o arranjo do padrão espacial da paisagem das APPs em cada sub-bacia da APA;
- Elaborar e analisar o cenário de criticidade da paisagem das APPs em cada sub-bacia da APA;
- Analisar a similaridade e a dissimilaridade entre as sub-bacias.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 APA DE ITUPARARANGA

As UCs constituem áreas especialmente protegidas, com características relevantes (espaço territorial e recursos ambientais), fundamentais à minimização dos impactos do processo de fragmentação das paisagens em todo o planeta, contribuindo à proteção e manutenção dos remanescentes de ecossistemas naturais (SAITO et al., 2016), seja de forma integral, preservando a natureza e restringindo o uso direto de seus recursos naturais, ou, de uso sustentável, conciliando a conservação da natureza aos usos humanos dos recursos através de planejamento ambiental, conforme seus objetivos específicos (BRASIL, 2000).

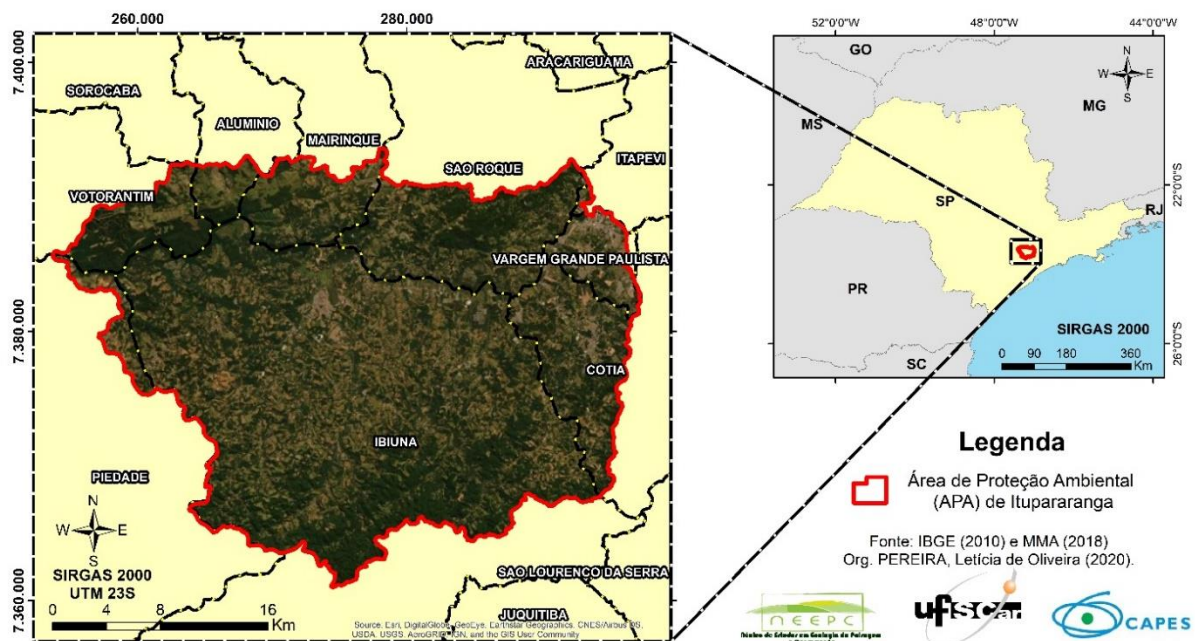
O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei n 9.985 de 18 de julho de 2000 prevê as APAs como Unidades de Conservação de Uso Sustentável, caracterizadas por áreas extensas, domínio de propriedades privadas ou públicas, com determinado grau de ocupação e atributos naturais, estéticos ou culturais relevantes à qualidade de vida, permitindo os mais diversos usos e coberturas da terra a partir de um processo de ocupação disciplinado compatível à utilização sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Em geral, a criação de uma APA surge da necessidade de mediar a diversidade de usos e ocupações e consequentes conflitos em áreas ecológica, social e economicamente importantes, entretanto, esse continua sendo o maior desafio à gestão do território após a institucionalização da UC, mediar os interesses das populações envolvidas ao manejo da área protegida, necessitando da elaboração de diretrizes específicas de gestão (BEU, MISATO e HAHN, 2011)

A APA de Itupararanga foi criada através da Lei Estadual n 10.100, de 01 de dezembro de 1998 e alterada de interesse que a região estava sofrendo, principalmente relacionados à especulação imobiliária, com avanços de loteamentos e expansão das atividades agrícolas (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010). A APA tem como objetivo a proteção dos recursos hídricos relacionados à Represa Itupararanga, que desempenham relevância regional no abastecimento de água da população local e no fornecimento de energia elétrica à Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), e proteção dos remanescentes florestais (SÃO PAULO, 1998).

Distante apenas 40 quilômetros (km) da capital São Paulo, a APA com seus aproximados 93mil hectares (ha) de extensão abrange, parcialmente, 8 (oito) municípios: Alumínio, Cotia, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista e Votorantim (Figura 1). Seus limites coincidem com a sub-bacia hidrográfica “Alto Sorocaba”, inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Rios Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI-10), onde se localizam os Rios Sorocabuçu e Sorocamirim, responsáveis pela formação do expressivo Rio Sorocaba (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

Figura 1 – Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga no Estado de São Paulo.



Compreende uma das áreas mais importantes ao estado paulista em termos de disponibilidade hídrica e conservação dos fragmentos florestais, e, conseqüente manutenção da biodiversidade local (RODRIGUES & BONONI, 2008). Segundo o Plano de Manejo da APA Itupararanga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010), instrumento que tece diretrizes sobre a gestão do território, o padrão espacial da paisagem da APA é composto por diversos usos da terra, relacionados em maioria a atividades agrícolas, caracterizando conflitos de interesses entre as zonas estabelecidas à proteção dos mananciais e de prioridade à conservação e as zonas estabelecidas às demais atividades de ocupação - agrícolas, minerações, loteamentos, silviculturas, entre outros.

A diversidade florística e de usos da terra condicionam um mosaico de formações florestais altamente heterogêneo na APA de Itupararanga, tanto em composição quanto em estados de conservação e regeneração (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010). Sua vegetação abrange dois biomas considerados *hotspots* mundiais, a Mata Atlântica e o Cerrado, caracterizados como áreas prioritárias à conservação em decorrência de sua ampla biodiversidade e situação de ameaça por intervenções antrópicas (SALLES et al. 2008).

3.1.1 Uso e Ocupação e Zoneamento Ambiental da APA

Segundo a Lei nº 9.985 de 2000, supracitada, toda UC deverá dispor de um instrumento de gestão do seu território, denominado Plano de Manejo, constituído de um zoneamento e normas para uso e manejo dos recursos naturais da UC. O diagnóstico da situação da área e ações participativas entre os sujeitos interessados, a serem afetado, deverão compor uma série de procedimentos à elaboração desse instrumento de gestão, principalmente à elaboração do denominado “zoneamento ambiental” para a definição das diretrizes que deverão ser consideradas aos usos de atividades na APA.

A caracterização do uso e ocupação do solo da APA de Itupararanga foi realizada durante a elaboração do Plano de Manejo, período de 2008 a 2010, em que o mapeamento dos usos do solo foi desenvolvido através de imagens de satélite SPOT, com resolução espacial de 10 metros, data de Agosto de 2005, além de materiais disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente (SMA), e da sobreposição com um mapeamento dos usos realizado pela empresa de consultoria contratada à elaboração do Plano de Manejo, em que áreas conflitantes entre os mapeamentos foram identificadas como “áreas sem identificação”, na expectativa de serem futuramente estudadas em nível de maior detalhe (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

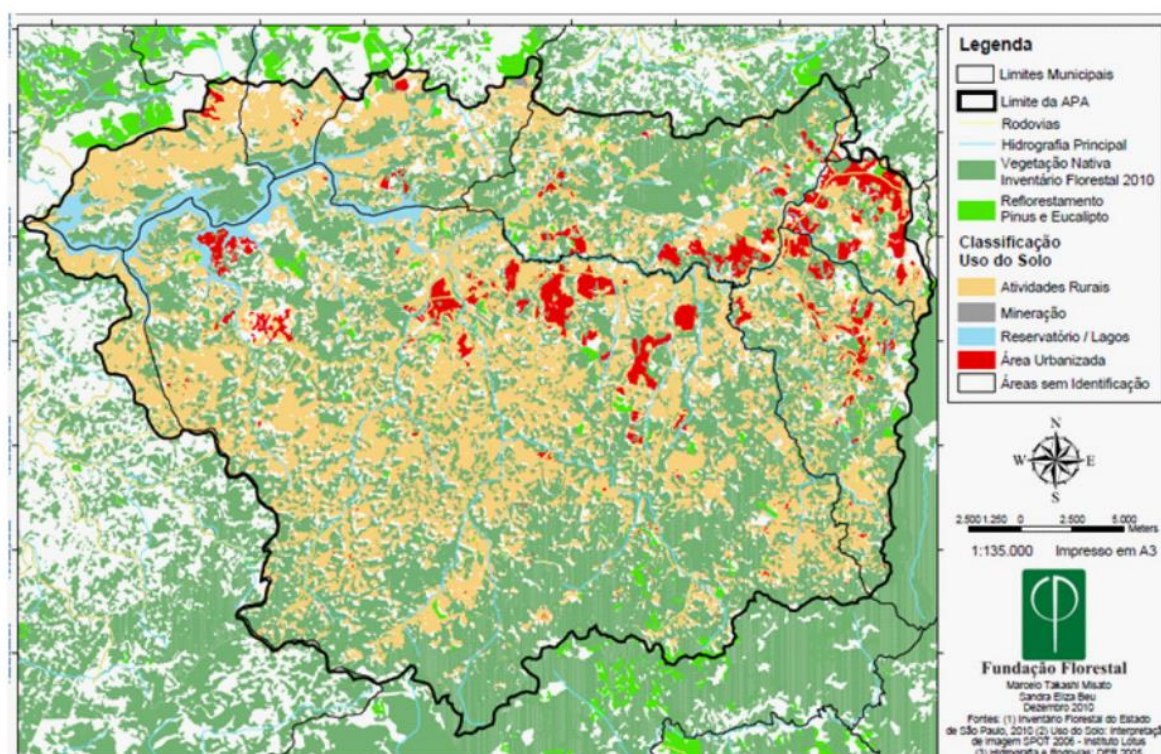
Segundo BEU, MISATO e HAHN, 2011, o mapeamento realizado indica que 38% da APA é coberta por vegetação nativa, porém, muito fragmentada, podendo desencadear diversos impactos na biodiversidade: interrupção de fluxos gênicos, perda de habitats, extinção de espécies de fauna e flora, entre outros. A Figura 2 demonstra o arranjo espacial resultante da paisagem na APA em 2010 e a Tabela 1 evidencia os valores encontrados para cada classe de uso da terra mapeada.

Tabela 1 - Classes de usos e coberturas da terra mapeadas na APA de Itupararanga em valores (ha e %), em 2010, à elaboração do Plano de Manejo.

Classe	Área	
	(ha)	(%)
Atividades rurais	29.072,03	31,03
Mineração	28,82	0,03
Reservatórios/Lagos	2.080,98	2,22
Área Urbanizada	4.633,54	4,95
Reflorestamento	1.397,13	1,49
Vegetação Nativa	36.268,25	38,72
Áreas sem identificação	20.197,95	21,56
Total	93.678,70	100,00

Fonte: Adaptado de BEU, MISATO e HAHN, 2011.

Figura 2 - Mapa de usos da terra na APA de Itupararanga, elaborado ao Plano de Manejo e 2010.



Fonte: Extraído do Plano de Manejo da APA de Itupararanga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

Segundo o Plano de Manejo da APA em questão, aprovado pela Deliberação nº 16/2010 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) em 21 de julho de 2010, o zoneamento adotou dois tipos de áreas de interesses distintos: as Áreas de Conservação (Zona de Conservação da Biodiversidade e Zona de Conservação dos

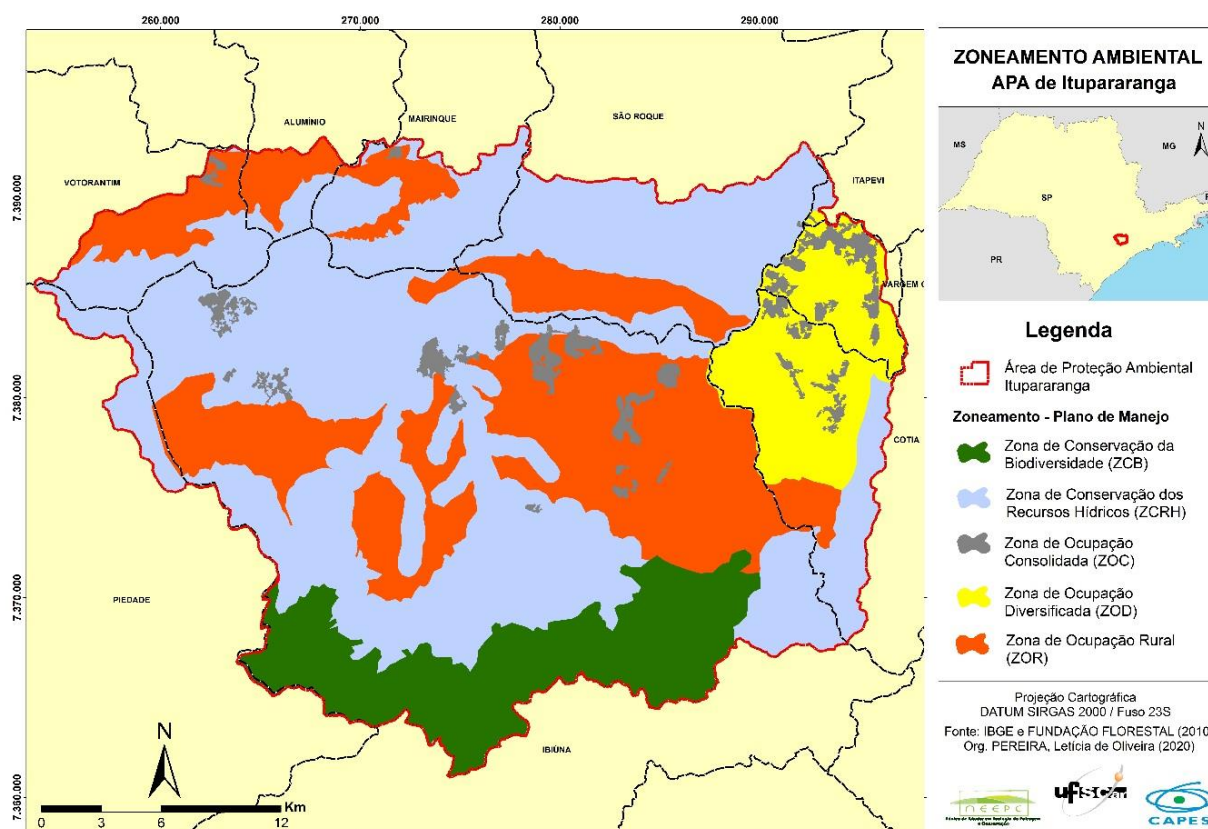
Recursos Hídricos) e as Áreas de Ocupação Dirigidas (Zona de Ocupação Rural, Zona de Ocupação Consolidada e Zona de Ocupação Diversificada), conforme Quadro 1 e Figura 3.

Quadro 1 - Descrição do Zoneamento da APA de Itupararanga.

ÁREA DE INTERESSE	ZONA	OBJETIVOS
Áreas de Conservação	Zona de Conservação da Biodiversidade (ZCB)	Conservar e manter a vida silvestre e a biodiversidade, assegurando a manutenção dos remanescentes florestais
	Zona de Conservação de Recursos Hídricos (ZCRH)	Conservar a quantidade e qualidade dos recursos hídricos (corpos d'água e cabeceiras de drenagem); Assegurar a manutenção da vegetação em APPs; Manter a permeabilidade do solo, e; Recuperar áreas de várzea
Áreas de Ocupação Dirigidas	Zona de Ocupação Rural (ZOR)	Promover o uso agrícola sustentável, ambiental e econômico; Fomentar práticas agrícolas alternativas, e; Assegurar a implantação de estruturas de saneamento ambiental
	Zona de Ocupação Consolidada (ZOC)	Disciplinar a expansão urbana, novos loteamentos, usos comerciais, industriais e de serviços; Promover implantação de estruturas de saneamento ambiental; Fomentar programas habitacionais para populações em vulnerabilidade; Promover a recuperação de APPs e áreas degradadas
	Zona de Ocupação Diversificada (ZOD)	Manter os remanescentes florestais; Ordenar novos empreendimentos; Promover o uso sustentável de atividades de silvicultura e pastoris; Disciplinar as atividades turísticas potenciais; Promover atividades de resgate cultural rural e ecoturismo

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo da APA de Itupararanga. (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

Figura 3 - Representação do Zoneamento Ambiental da APA de Itupararanga.



Fonte: Adaptado do Plano de Manejo da APA de Itupararanga. (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010).

3.2 RELEVÂNCIA ECO-HIDROLÓGICA DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA

A importância dos recursos hídricos é indiscutível à continuidade da vida, animal e vegetal, no planeta. (VERIATO et al., 2015). Desde os primórdios, os recursos hídricos sofrem intervenções antrópicas, sendo utilizados para suprir a demanda de sobrevivência das comunidades humanas - alimentação, higiene e desenvolvimento de atividades como a navegação e irrigação (BOTELHO, 2011; TUNDISI, 2011; SOFIATI, 2003). Porém, as intervenções mais intensas, principalmente nos rios, são observadas ao longo das últimas décadas (BOTELHO, 2011).

O acelerado crescimento urbano das cidades brasileiras contribui à intensificação das intervenções antrópicas, considerado como um dos principais impactos no ciclo hidrológico e consequente conservação dos recursos hídricos (MENDONÇA, 2004; BENINI e MENDIONDO, 2015). A substituição da vegetação

nativa constitui outro impacto relevante oriundo das intervenções antrópicas em recursos hídricos (RODRIGUES, 1999).

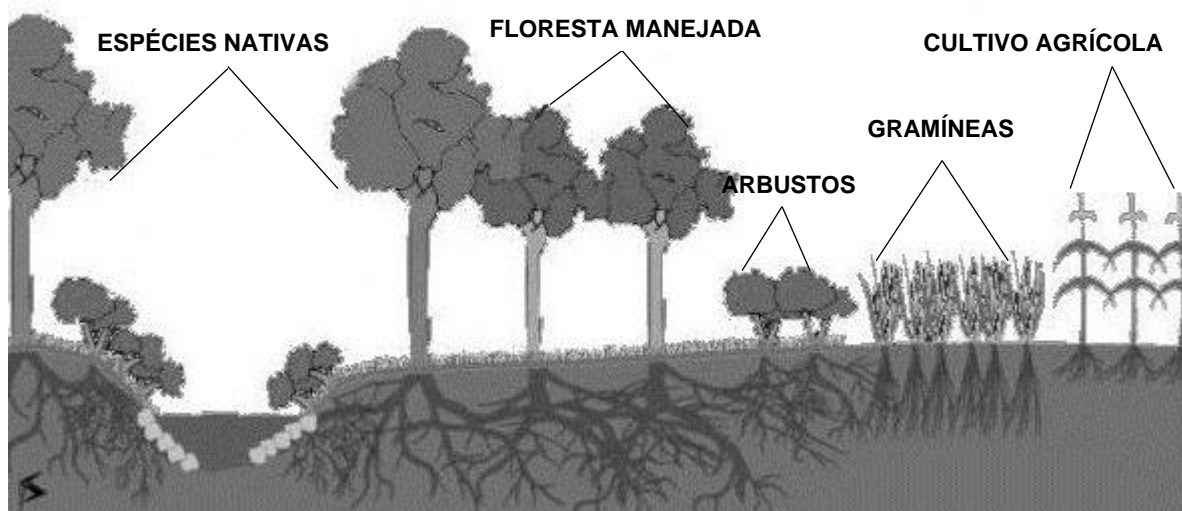
Diversos estudos relacionam a conservação dos mananciais hídricos e a diminuição quali-quantitativa dos corpos d'água de uma bacia hidrográfica à cobertura vegetal local. (OMETO et al., 2000; GERGEL et al., 2002; SNYDER et al., 2005; DALZOTTO E CARNIATTO, 2009).

São inúmeras as interferências da retirada e substituição da cobertura de vegetação associada à hidrografia: diminuição da interceptação e infiltração das precipitações; alterações na evapotranspiração e consequente regime hídrico; aumento no carreamento de sedimentos, causando o assoreamento do curso; intensificação da erosão das margens, e; alteração na qualidade das águas e na vida animal silvestre. (TUCCI, 2000; PIRES e SANTOS, 1995; OLIVEIRA-FILHO et al. 1994).

A vegetação encontrada ao longo das margens dos corpos d'água, naturais ou não, apresenta diversas denominações em conformidade ao seu ambiente de ocorrência, como: ripária, mata ciliar, floresta aluvial, mata galeria, entre outras (HINKEL, 2003), podendo se consolidar com espécies nativas, florestas manejadas, arbustos, gramíneas e outros (CHECCHIA, 2003), como demonstrado na Figura 4. Esses ambientes constituem zonas de transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, influenciando diretamente nas características dos corpos d'água e ressaltando as várias funções eco-hidrológicas muito importantes dessa vegetação (TAMBOSI, 2015).

Segundo Eamus et al. (2006), a eco-hidrologia corresponde ao estudo da água e vegetação ripária de forma integrada, envolvendo informações físicas e biológicas.

Figura 4 – Exemplo de composição diversificada de vegetação ripária, com presença de espécies nativas, manejadas, arbustos, gramíneas e cultivos agrícolas.



Fonte: Adaptado de USDA – NRCS (1997).

Entre as funções da vegetação ripária destaca-se o estabelecimento de um microclima local, minimizando a incidência de raios solares, proporcionando uma estabilidade térmica no ambiente aquático, principalmente em corpos d'água mais estreitos e menores (TAMBOSI, 2015). Casatti (2010) evidencia a importância dessa vegetação à entrada de materiais alóctones, contribuindo na manutenção da cadeia alimentar desses ambientes, e, da qualidade das águas, associada à redução do risco de eutrofização. Segundo Hinkel, “[...] a qualidade da água é um reflexo do uso e manejo do solo da bacia hidrográfica” (HINKEL, 2003, p.42).

Uma maior proteção dos solos das margens dos corpos d'água é relacionada à presença de vegetação ripária, diminuindo os processos erosivos nas margens e de assoreamentos dos canais (NAIMAN, 2000; BOTELHO e SILVA, 2001), devido a manutenção de um emaranhado radicular (CICCO e ARCOVA, 1999). Além de contribuir ao equilíbrio do fluxo de água superficial e subsuperficial quando associada às vegetações em outras zonas da bacia hidrográfica, minimizando as variações dos fluxos hídricos em diversos momentos climáticos (LIMA et al. 2012).

A vegetação ripária desempenha função de filtragem de nutrientes e contaminantes que são carregados das áreas à montante aos corpos d'água, especialmente quando aliada ao manejo e técnicas de conservação dos usos da terra e presença de vegetação em outras áreas da bacia, diminuindo, também, a

quantidade de sedimentos carregados ao ambiente aquático (CICCO e ARCOVA, 1999; ALAN, 2004; TAMBOSI, 2015).

Ressalta-se, também, a proteção às nascentes e a manutenção da biodiversidade terrestre proporcionada por esse tipo de vegetação que desempenha na paisagem a função de corredores ecológicos entre manchas e habitats de diversas espécies da fauna e flora (MARTENSEN et al, 2008; METZGER, 2010; TUNDISI e TUNDISI, 2010), “[...] constituindo-se em áreas propícias a reprodução e fonte de alimentos necessários para a manutenção do equilíbrio ambiental” (JACOB, 2003, p. 112).

Segundo Sopper (1975) e Brown e Graham (1988), a substituição da vegetação ripária por usos agrícolas da terra resulta em diversas consequências negativas às características quali-quantitativas dos cursos hídricos, como a lixiviação excessiva de nutrientes, sedimentos e contaminantes, acentuando processos de erosão das margens do curso, de assoreamento e contaminação química, além do aumento da temperatura da água e desequilíbrio da biota aquática, etc.

Entretanto, Checchia (2003) ressalta em seus estudos que a eficiência da vegetação ripária às funções supracitadas varia conforme a constituição biótica dessa vegetação - floresta nativa, silvicultura, gramínea, entre outras, cada qual apresentando um grau de resistência diferente, assim como diferentes associações de fauna, solos, relevo/declividade e clima.

3.3 PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA VEGETAÇÃO RIPÁRIA

Entre os instrumentos jurídicos brasileiros que asseguram a proteção e gestão dos recursos hídricos e da vegetação em seu entorno, destacam-se a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

O Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934 institui o Código de Águas e consolida-se como marco legal no gerenciamento dos recursos hídricos no país, em um período de intensas mudanças no modelo econômico do Brasil, caracterizado pelo significativo aumento na demanda de água, principalmente ao fornecimento de energia elétrica (CETESB, 2019). O código abre espaço para discussões sobre as

águas no país, culminando no estabelecimento da PNRH e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) através da Lei nº 9.433 de 1997 (AITH e ROTHBARTH, 2015).

Segundo a PNRH a água é considerada como um bem de domínio público, caracterizada como recurso natural limitado e com valor econômico, em que o poder público assume a função de gestor desse recurso (BRASIL, 1997). Para Aith e Rothbarth (2015) a gestão dos recursos hídricos deve fundamentar-se na possibilidade de usos múltiplos da água, assumindo caráter descentralizado e participativo, incluindo os usuários e comunidades junto à participação do poder público.

A Lei nº 9.433 de 1997 fundamenta, em seu Inciso V do Art.1º que “*A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*”. Atualmente, os recursos hídricos em todo território brasileiro tem a sua gestão organizada em bacias hidrográficas (PORTO e PORTO, 2008), ou seja, em conjuntos de terras, drenados por um rio e seus afluentes, com seus limites nas áreas mais elevadas do relevo, onde a água pluvial escoar e contribui à dinâmica hidrológica resultando em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997; BARRELLA, 2001).

Botelho e Silva (2004) ressaltam que, nas últimas décadas, o uso de bacias hidrográficas como unidade de análise e planejamento ambiente apresentou relevante aumento, uma vez que “[...] nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem” (BOTELHO e SILVA, 2004, p. 155).

A proteção da vegetação nativa no país é assegurada por legislações específicas em âmbito federal, estadual e municipal, sendo referência primária o Código Florestal Brasileiro de 1965, revogado pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. A Lei dispõe sobre a definição de duas principais áreas de conservação: as Áreas de Preservação Permanente (APP), que visam a proteção de vegetação em encostas íngremes, topos de morros e nas margens dos cursos d’água, abrangendo a vegetação ripária, e; as Reservas Legais (RL) que se referem à proteção das florestas nos intervalos (TAMBOSI, 2015). Segundo o inciso II do Art.3º da referida lei, entende-se por APP:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012).

Ao revogar o Código Florestal Brasileiro, a Lei nº 12.651 apresenta significantes alterações que condicionam a redução das áreas de abrangência e função das APPs, uma vez que passa a considerar o leito regular do rio para sua delimitação e não mais a partir do leito maior sazonal dos cursos, condicionando a redução da extensão da largura do corpo d'água e consequente APP, podendo não abranger a área de várzea em sua totalidade, acarretando em impactos nas funcionalidades desempenhadas pela vegetação ripária e suas interações com os demais elementos da paisagem (BRASIL, 2012; SILVA et al. 2012; TAMBOSI, 2015).

Essas alterações excluem a proteção às nascentes e olhos d'água intermitentes, colocando em risco diversos cursos hídricos de áreas com clima mais seco e, também, reduz a área de restauração necessária em APPs com intervenções antrópicas consideradas como uso consolidado antes de 22 de julho de 2008, comprometendo a eficiência das funções eco-hidrológicas da vegetação ripária ao longo dos corpos d'água (TUNDISI e TUNDISI, 2010; BRASIL, 2012; TAMBOSI, 2015).

A delimitação da largura da APP das faixas marginais dos cursos d'água naturais, perenes e intermitentes, com exceção dos efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, é disposta no Inciso I do Art.4º da Lei nº 12.651 de 2012, conforme apresentado resumidamente na Tabela 2.

Tabela 2 - Delimitação da largura da APP das faixas marginais dos cursos d'água.

Largura do curso d'água (m)	Largura mínima da APP (m)
< 10	30
10 < 50	50
50 < 200	100
200 < 600	200
> 600	500

Fonte: Adaptado de BRASIL (2012).

A APP no entorno de lagos e lagoas naturais é delimitada em: 30 metros (m) de largura em áreas urbanas; 50 m para corpos d'água com superfície de até 20

hectares (ha) em áreas rurais, e; 100 m para corpos com superfície maiores que 20 ha, também em áreas rurais, conforme exposto no Inciso II do Art.4º da lei. Para reservatórios d'água artificiais (barramentos ou represamento de cursos naturais), segundo o Inciso III do Art.4º, a delimitação da APP em seu entorno deve respeitar a licença ambiental do empreendimento.

O Inciso IV do Art.4º da referida lei delimita em 50 m o raio de APP no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, independentemente de sua situação topográfica. A legislação prevê a delimitação de APP em outras situações que não associadas aos recursos hídricos como encostas com declividades acentuadas, altitudes elevadas, ambientes de fragilidade ambiental, etc.

Ressalta-se que cada estado e municípios podem apresentar legislações ainda mais restritivas e específicas quanto aos usos e gestão da vegetação localizada nas margens dos cursos d'água (SILVA et al. 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DELIMITAÇÃO DA APA E ZONEAMENTO AMBIENTAL

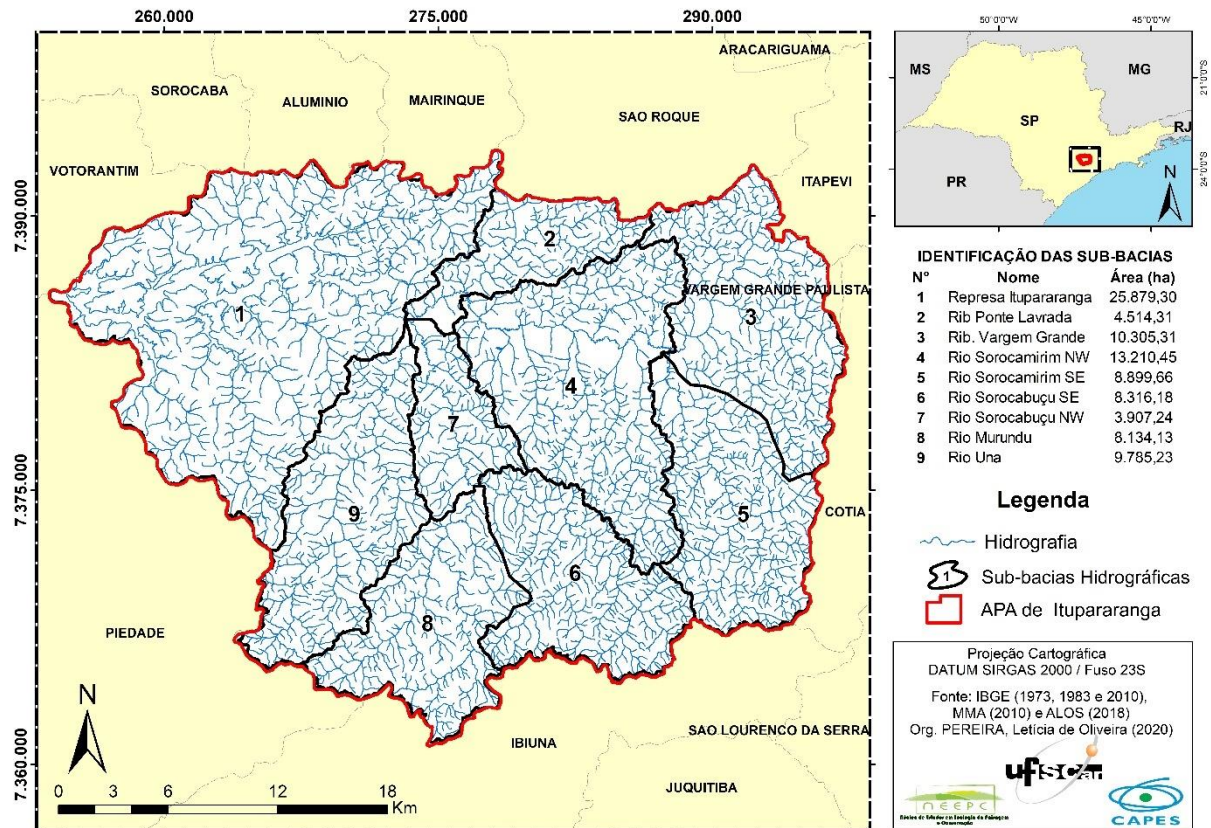
Os arquivos vetoriais de limite da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga e do Zoneamento Ambiental foram cedidos, em extensão “.kmz”, pelo Conselho Gestor da UC.

4.2 DELIMITAÇÃO DA HIDROGRAFIA E SUB-BACIAS

A conservação dos recursos hídricos é um dos objetivos principais da APA de Itupararanga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010), e, a delimitação da hidrografia e sub-bacias foi obtida através de extração do canais e cabeceiras de drenagem por vetorização manual de Cartas Topográficas do IBGE (restituição fotogramétrica 1:50.000 , folhas: Sorocaba SF-23-Y-C-V-1 (1973); São Roque SF-23-Y-C-V-2 (1983); Jurupará SF-23-Y-C-V-3 (1973); Juquitiba SF-23-Y-C-V-4 (1983), e; Osasco SF-23-Y-C-VI-1 (1983), acessadas no Geoportal do Instituto de Geociências - IGC) e extração através de imagem digital do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite) - PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) possibilitando os ajustes necessários entre os resultados obtidos. A vetorização foi realizada manualmente em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Para delimitação das sub-bacias foi selecionada imagem digital do satélite ALOS - PALSAR, resolução espacial de 12,5 m, adquirida no sistema ASF (Alaska Satellite Facility) de responsabilidade da agência espacial estadunidense, a NASA (National Aeronautics and Space Administration), em que, em ambiente SIG, obteve-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, consistindo na representação dos elementos da superfície da Terra através de modelo 3D e curvas de nível. A partir do MDE, aplicou-se algoritmos de extração semi-automática com parâmetros de cálculos da rede de drenagem e as sub-bacias da área. Posteriormente, foi realizado um ajuste de adequação dos resultados através de interpretação do MDE e das 9 (nove) sub-bacias obtidas, conforme Figura 5.

Figura 5 - Hidrografia e sub-bacias da APA de Itupararanga.



4.3 DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

A partir da hidrografia, foi delimitada, através de algoritmo em ambiente SIG, uma área de cobertura (buffer) da hidrografia da APA de Itupararanga, consolidando as APPs dos recursos hídricos. Conforme previsto em legislação, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2015, para cada faixa de largura dos cursos se deve respeitar uma determinada largura de área a ser devidamente preservada.

A menor faixa de APP considerada pela legislação consiste em uma área de 30 metros a partir da borda da calha do leito regular do curso hídrico e está associada aos cursos com até 10 metros de largura, entretanto, cabeceiras de drenagem e nascente devem possuir a área de preservação em 50 metros

A Represa Itupararanga consiste em um barramento artificial e, segundo a Lei supracitada, a APP nessa situação deve seguir as orientações previstas no licenciamento ambiental. Entretanto, objetivando uma análise homogênea, considerou-se o buffer da área de preservação mínima, 30 m, para a área total da

represa, assim como, a todos os canais, e, 50 m em nascentes e cabeceiras (Figura 6).

A Figura 7 exemplifica a espacialização da área de APP na área, totalizando 15.066,98 ha, correspondendo a aproximadamente 16% do território da APA.

Figura 6 - Exemplificação da delimitação de APPs na APA de Itupararanga, com a cobertura de 30 metros ao longo dos cursos hídricos e 50 metros em nascentes e cabeceiras.

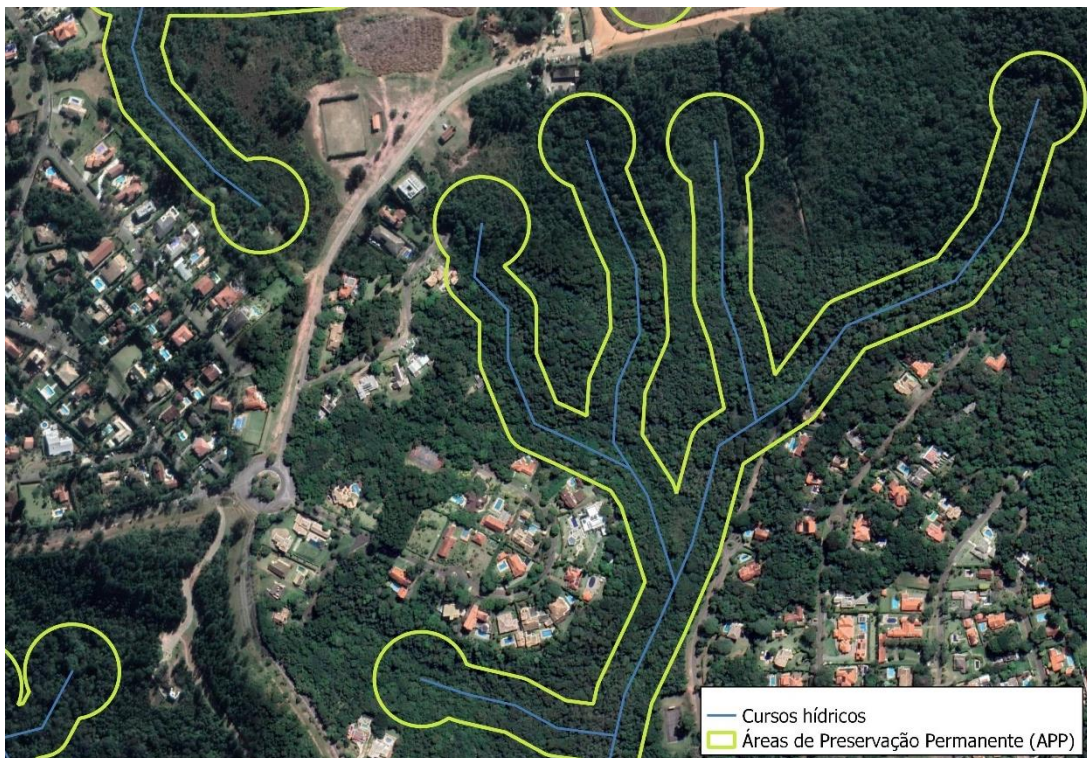
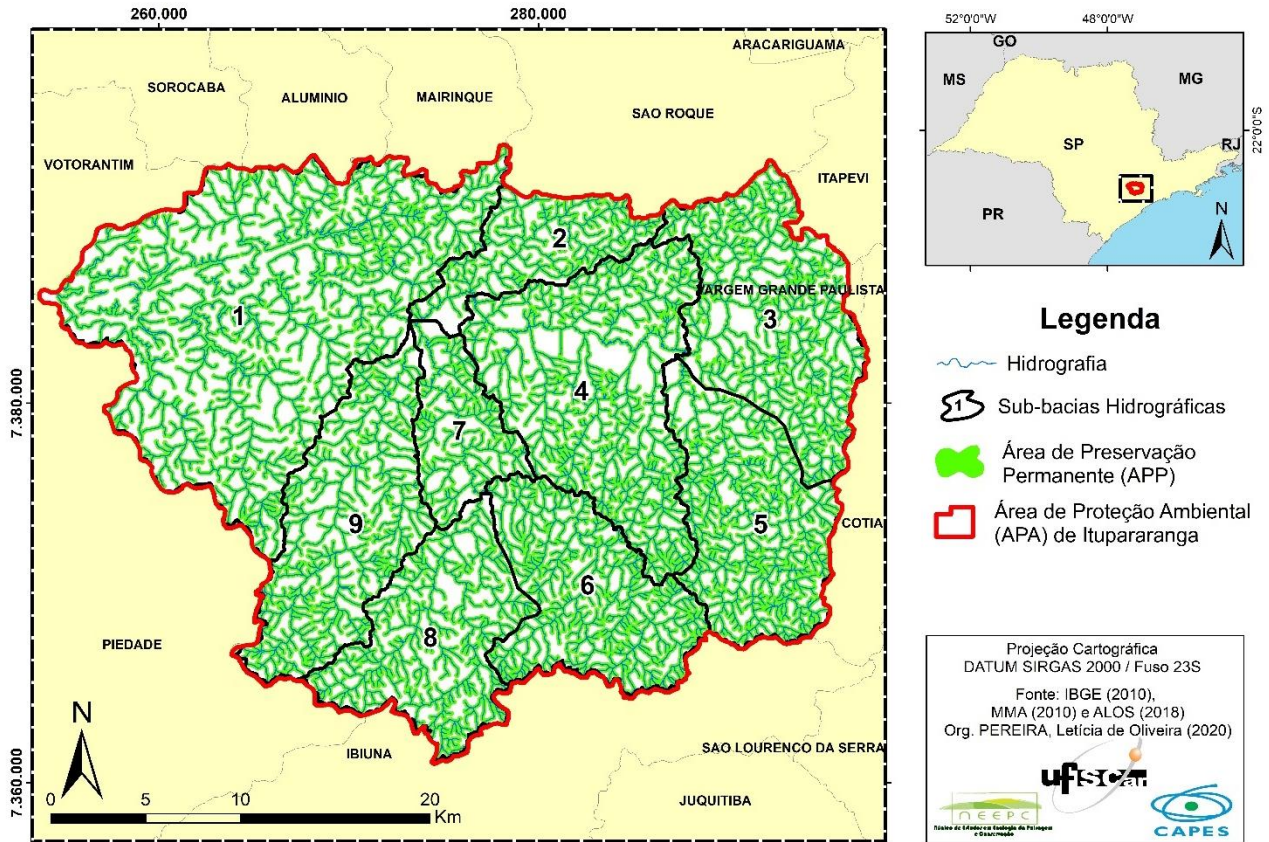


Figura 7 – Áreas de Preservação Permanente (APPs) delimitadas na APA de Itupararanga.



4.4 CLASSIFICAÇÃO DA DECLIVIDADE

A declividade da APA foi obtida através da topografia do MDE do terreno, gerado em etapa anterior para obtenção da hidrografia e sub-bacias da área (imagem digital ALOS – PALSAR). Os valores de declividade foram calculados em ambiente SIG, em conformidade à Ramalho-Filho e Beek (1995), gerando dados vetoriais compatíveis entre os pixels do arquivo raster (MDE), que, representados em percentuais, por um gradiente de cores, possibilitam correlações com classes de declividades definidas e discutidas por instituições e pesquisadores, como a EMBRAPA (1979) e De Biasi e Cunha (1983), em que relevos caracterizados com < 45% de declividade são considerados montanhosos e fundamentais às ações de conservação da vegetação, por apresentarem áreas íngremes, elevadas taxas de escoamento superficial e, conseqüentemente, estando mais suscetíveis aos processos erosivos.

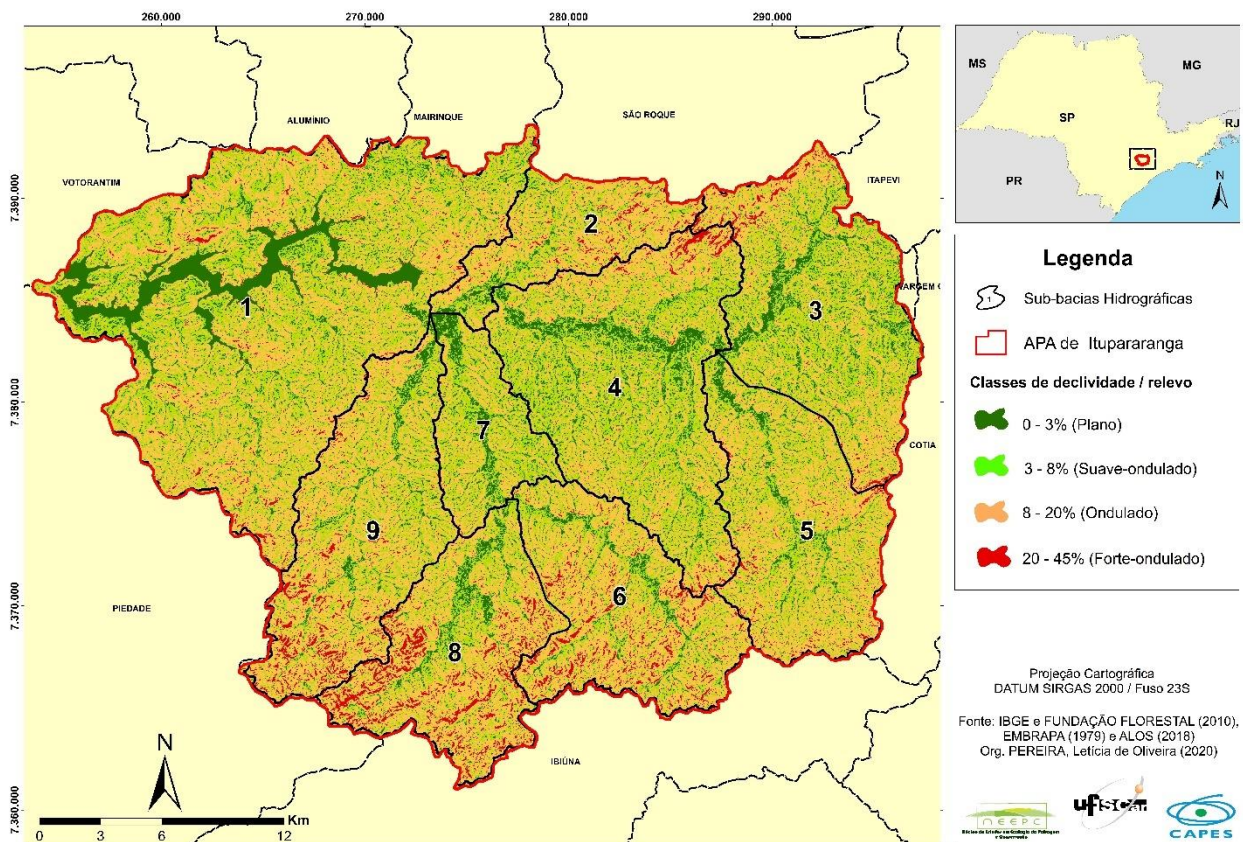
A Figura 8 apresenta a declividade obtida na APA, a partir das classes e relevos correspondentes definidos pela EMBRAPA (1979), conforme exposto na Tabela 3, caracterizando a predominância de um relevo suave-ondulado a ondulado, com relevo plano associado aos canais de drenagem mais expressivos na paisagem e relevo forte ondulado concentrados ao sul e ao nordeste da APA. Não foram encontrados valores de declividade acima de 45%.

Tabela 3 – Classes de declividade e respectivos relevos.

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave-ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte-ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Forte-montanhoso

Fonte: Extraído de EMBRAPA (1979).

Figura 8 – Declividade na APA de Itupararanga.



4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA

Os “usos da terra” são associados ao conjunto de ações antrópicas à obtenção de produtos e benefícios a partir dos usos dos recursos naturais da terra indicando a função socioeconômica da superfície terrestre e as “coberturas da terra” constituem os elementos naturais (vegetação, areia, água, etc.) e as construções artificiais que recobrem a superfície, e, o mapeamento de ambos pode auxiliar no desenvolvimento de questões ambientais, sociais e econômicas (IBGE, 2013).

Considerando os objetivos da pesquisa e os materiais e ferramentas disponíveis, optou-se pela realização de interpretação visual ao mapeamento dos usos e coberturas da terra na APA. Assim, através de softwares de geoprocessamento foram selecionadas 160 (cento e sessenta) imagens de satélite disponíveis na plataforma do Google Earth, datadas de 30/07/2019, abrangendo toda área de estudo, na escala de 1:10.000, proporcionando um mosaico de imagens da área de estudo.

A definição da escala de trabalho se deu através da necessidade de um nível de detalhe que permitisse o reconhecimento dos objetos da área de estudo à definição dos usos e coberturas da terra, e, segundo o IBGE (1999), mapeamento de usos da terra com escalas <:1:25.000 são considerados de “detalhe”.



A classificação manual para identificação de objetos em imagens de satélite ou fotografias aéreas tem como premissa a fotointerpretação, definida como:



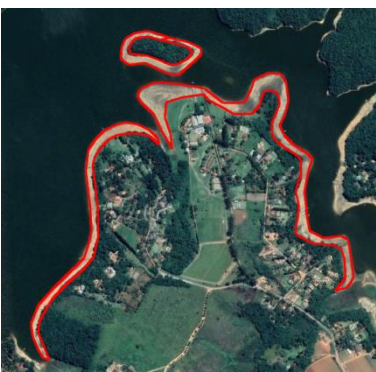

“(...) a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a sua significação. (...) a habilidade e fotointerpretação é desenvolvida pelo estudo e dedução, para aumentar hábitos de observação de objetos familiares, da terra ou de pontos elevados.” (MARCHETTI e GARCIA, 1986, p. 136 e 140).





A interpretação visual é executada por um fotointérprete que deverá extrair o máximo de informações das imagens conforme seu objeto de estudo. Marchetti e Garcia (1986) ressaltam a importância da acuidade visual para que o fotointérprete perceba claramente as imagens e consiga distinguir os objetos, favorecendo-se, inclusive, do poder de observação e imaginação para potencializar a capacidade de identificação e análise dos alvos. Outras características apontadas como essenciais na fotointerpretação pelos autores são a paciência, adaptabilidade, discernimento, bom-senso e experiência profissional, garantindo decisões acertadas e dirigidas o campo de estudo.




Para a identificação dos objetos (usos e coberturas da terra) na APA de Itupararanga, realizou-se uma chave de interpretação, consolidando-se como um guia na percepção e classificação (Quadro 2). Essas chaves consistem em descrições e ilustrações de objetos de uma classe, organizadas a caráter de comparação ao que necessita ser identificado, e, pressupõe-se que o fotointérprete detenha conhecimento anterior em sua área de estudo, embasando a dedução e significados na imagem de forma coerente a partir dos elementos de reconhecimento: tonalidade fotográfica; cor; textura; padrão; forma; tamanho, e; relação com aspectos associados (MARCHETTI e GARCIA, 1986; TOPPA, 2004).

Quadro 2 – Chaves de interpretação para classificação manual de usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga.

CLASSE	DESCRIÇÃO	AMOSTRA DE IMAGEM
Agrícola	Áreas ocupadas por culturas agrícolas temporárias (hortaliças, milhos, batatas, etc.) e permanentes (uvas, laranjas, caquis e etc.)	
Campo Limpo	Áreas cobertas por vegetação de gramíneas	

<p>Campo Sujo</p>	<p>Áreas cobertas por vegetação gramínea em diferentes estágios de crescimento com a presença de arbustos e árvores isoladas.</p>	
<p>Corpos d'água</p>	<p>Reservatórios d'água artificiais e naturais</p>	
<p>Depósito Aluvionar</p>	<p>Área com acúmulo de sedimentos às margens dos corpos d'água</p>	
<p>Remanescente Florestal</p>	<p>Conjuntos de estrutura florestal de vegetação arbórea em diversos estágios sucessionais.</p>	

Silvicultura	Áreas ocupadas por plantações de florestas de <i>Pinus</i> spp e <i>Eucalyptus</i> spp.	
Industrial	Áreas ocupadas por conjuntos de plantas industriais	
Mineração	Áreas ocupadas pela exploração (extração e/ou beneficiamento) mineral	
Área Urbana	Núcleos urbanos com predominância de infraestruturas urbanas e edificações civis adensadas: residências, comércios, sistema viário, etc.	

<p>Ocupação humana</p>	<p>Infraestruturas urbanas e edificações pouco adensadas, com predominância de chácaras, loteamentos e construções isoladas em geral</p>	
<p>Várzea</p>	<p>Áreas alagadiças associadas aos corpos d'água</p>	
<p>Vias</p>	<p>Rodovias (pavimentadas) e estradas (não pavimentadas)</p>	

4.6 CARACTERIZAÇÃO DO PADRÃO ESTRUTURAL DA PAISAGEM

Foi realizada a sobreposição e intersecção, através de algoritmos em software SIG, entre os planos de informação de usos e coberturas da terra e os demais parâmetros de análise (sub-bacias, zoneamento ambiental e APPs), permitindo a quantificação da matriz estrutural da paisagem, apresentando valores em extensão (ha) e percentual (%), nos seguintes níveis: APA de Itupararanga como

um todo; sub-bacias e as APPs dos cursos hídricos, nascentes e cabeceiras de drenagem.

4.7 CARACTERIZAÇÃO DA CRITICIDADE DA PAISAGEM NAS APPS

A partir dos dados gerados da área, foi aplicado o método Mapa de Álgebras para obtenção da situação da criticidade das APPs em cada sub-bacia da APA de Itupararanga, possibilitando a quantificação de diferentes informações em um mesmo espaço geográfico, ressaltando a dinâmica geossistêmica da paisagem, em que todos os elementos – físicos, bióticos e sociais, estão interrelacionados, e, caracterizam as mudanças das paisagens ao longo do espaço-tempo.

Álgebra de mapas ou álgebra de campos é um conceito que, segundo Berry (1993), possível de ser considerado como uma extensão da álgebra tradicional, em que variáveis são manipuladas, constituindo os denominados geo-campos, através de um conjunto de operadores. Cada geo-campo corresponde à um diferente atributo daquele espaço geográfico, ou, o mesmo atributo, porém, coletado em períodos distintos (BARBOSA, 1999).

O método ganhou popularidade na obra de Tomlin (1990), intitulada “Geographic Information System and Cartographic Modeling”, onde o autor apresentou mapas para cada área de estudo com valores quantitativos e qualitativos associados. Segundo Tomlin (1990), a aplicação dos operadores matemáticos deve depender das necessidades e sensatez do modelador, podendo ser classificadas em: pontuais, zonais e de vizinhança. As variáveis do tipo campo, coletadas através desses operadores, podem ser denominadas como geo-campo origem e o processamento dos valores atribuídos a uma determinada posição geográfica resultam no denominado geo-campo destino (BARBOSA, 1999).

As operações zonais correspondem ao processamento por região em que, segundo Barbosa (1999):

“(...) o valor de cada posição geográfica do geo-campo destino depende do valor do atributo de todas as posições geográficas que compõem a região no geo-campo-origem. As transformações zonais são utilizadas para agregar, nas posições geográficas do geo-campo destino, uma das características de toda a região no geo-campo origem. Por exemplo, em um geo-campo resultante de uma

transformação zonal, posições geográficas individuais de uma mesma região passam a conter a média, ou a variância, ou o valor de maior frequência, de toda a região.”. (BARBOSA, 1999, p. 65).

As operações de vizinhança ocorrem a partir de um geo-campo origem e uma máscara para delimitação da área de vizinhança, que, para Barbosa (1999), em estudos ambientais é compreendida como “(...) uma área adjacente a uma determinada localização geográfica cujas condições afetam o processo em estudo naquela posição” (p.60). Nesse processamento, a máscara se desloca sobre o campo-geo origem e, conforme o deslocamento ocorre, uma operação de vizinhança é aplicada nos valores dos atributos contidos no geo-campo origem e delimitados pela máscara (BARBOSA, 1999).

Enquanto nas operações pontuais, segundo Barbosa (1999), o valor resultante em cada posição geográfica do geo-campo destino é associado aos valores de geo-campos origem na mesma posição geográfica, não havendo influência de valores atribuídos em posições vizinhas. As transformações pontuais mais comuns são: soma, subtração, divisão, multiplicação, média, máximo/mínimo, funções trigonométricas, combinação booleana (cruzamento), fatiamento, reclassificação e ponderação (BURROUGHM 1987; BERRY, 1987, e; TOMLIN, 1990).

Para a modelagem da criticidade da paisagem nas APPs foi realizada a ponderação entre os dados de declividade e das classes identificadas como usos e coberturas da terra, transformando o geo-campo temático em um geo-campo numérico, e, posteriormente, foi gerado um geo-campo destino em que o valor resultante em cada posição geográfica é a soma dos valores dos atributos associados à posição geográfica referentes aos geo-campos origem.

A criticidade da paisagem, nesta pesquisa, é considerada como a valoração das APPs mais potenciais às menos potenciais em relação à conservação dos recursos hídricos na APA. As APPs com muito alta potencialidade correspondem às áreas com menor criticidade, enquanto, as APPs com muito baixa potencialidade à conservação hídrica correspondem às áreas com maior criticidade na paisagem, e, que devem ser consideradas prioritárias nas tomadas de ações de planejamento/manejo ambiental local.

4.7.1 Ponderação dos Atributos

A definição de classes de pesos e correlações à análise da paisagem, objetivando modelar a criticidade da paisagem nas APPs da APA de Itupararanga, se deu a partir da adaptação dos modelos propostos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001) para a variável declividade, e, através de consulta a especialistas profissionais e pesquisadores acadêmicos relacionados à temática da pesquisa, por aplicação de questionário quali-quantitativo sobre os usos e coberturas da terra identificados, realizada em plataforma online.

As notas ponderadas à álgebra correspondem à potencialidade da variável à conservação dos recursos hídricos locais, conforme escala a seguir:

1. Muito alta
2. Alta
3. Média
4. Baixa
5. Muito baixa

A literatura ressalta que relevos com declividade acima de 45% são fundamentais a ações de conservação da vegetação, uma vez que são áreas mais suscetíveis a processos erosivos constantes e intensos, devido à dinâmica hidrológica, principalmente à alta velocidade de escoamento das águas pluviais (BRASIL, 2012; BOTELHO, 2008; EMBRAPA, 1979, e; DE BIASI e CUNHA, 1983). Portanto, as declividades mais acentuadas receberam as menores notas, enquanto, às declividades amenas foram atribuídas as notas mais altas em relação à potencialidade de conservação dos recursos hídricos da APA, conforme Tabela 4.

A ponderação das classes mapeadas como usos e coberturas da terra foi elaborada a partir dos resultados do questionário online aplicado à 20 (vinte) especialistas e profissionais envolvidos com a temática, previamente levantados através de sites de instituições acadêmicas, órgãos públicos e organizações não governamentais.

Foi utilizado o recurso Google Forms, que permite ao usuário recolher e organizar informações grandes e pequenas sem custos (GOOGLE, 2017), para solicitar a avaliação da potencialidade das classes de usos e coberturas da terra na

APA em relação à conservação dos recursos hídricos, através de resposta em formato de Escala *Likert*, conforme escala supracitada de 1 a 5, muito utilizada em perguntas fechadas para medir posturas e opiniões em nuances em maior detalhe que respostas de afirmativas ou negativas (CLASON E DORMODY, 1994).

Durante o tempo disponível às respostas, período de 2 (dois) meses, o questionário teve 10 (dez) retornos de participantes ao total, possibilitando o levantamento de cada nota atribuída por eles aos usos e coberturas da terra. Para estabelecer uma nota final à cada classe questionada foi utilizada e medida de tendência central conhecida como Moda, caracterizada pelo resultado mais recorrente no conjunto de dados, ou seja, o valor com maior frequência absoluta (OLIVEIRA, 2022). Na Tabela 4 observa-se as notas consideradas à álgebra.

Tabela 4 – Relação entre as classes e as variáveis e as respectivas notas ponderadas.

Variável	Classe	Nota	Metodologia
Declividade	0 - 3%	1	Adaptado de EMBRAPA (1979), Ross (1994) e Crepani et al. (2001)
	3 – 8%	2	
	8 – 20%	3	
	20 – 45%	4	
	> 45%	5	
Usos e coberturas da terra	Agrícola	4	Consulta a especialistas profissionais e acadêmicos
	Campo Limpo	3	
	Campo Sujo	2	
	Corpos d'água	1	
	Depósito Aluvionar	3	
	Remanescente Florestal	1	
	Silvicultura	3	
	Industrial	5	
	Mineração	5	
	Área Urbana	5	
	Ocupação Humana	4	
Várzea	2		
Vias	4		

Entretanto, as duas variáveis apresentam prioridades e influências distintas em relação à conservação dos recursos hídricos locais. Portanto, foi utilizado o método de análise hierárquica (*Analytic Hierarchy Process*), conhecido como AHP, muito utilizado ao apoio multicritério a decisões, criado por Thomas Saaty nos anos 80 (OLIVEIRA e BELDERRAIN, 2008), em que o processo consiste na lógica de

comparação par a par das variáveis em questão, conforme escala de prioridade do AHP para definição da importância dos critérios (SAATY, 1992; MARTINES, 2005).

Segundo Saaty (1977) e Martines (2005), consiste em um método com base matemática, possibilitando a organização e avaliação da importância relativa entre critérios e a validação da consistência dos julgamentos. É estruturado a partir da construção de um modelo hierárquico (meta, critérios e avaliação de comparação pareada por importância relativa entre os critérios em relação ao critério do nível superior).

A hierarquização dos critérios selecionados, demandou a avaliação da importância das variáveis pelos especialistas consultados para durante a pesquisa, mediante questionário aplicado pelo Google Forms supracitado, possibilitando a atribuição das variáveis em diferentes níveis de importância em relação a sua prioridade (nível maior corresponde à maior prioridade). Em primeiro nível (Nível 1) foi atribuído à variável “usos e cobertura da terra”, enquanto “declividade” foi associado ao segundo nível (Nível 2) em relação ao potencial de conservação dos recursos hídricos locais.

Após a hierarquização, se estabeleceu a importância relativa de cada variável, em conformidade à escala fundamental estabelecida por Saaty (1977), possibilitando a construção da matriz de comparação par a par em cada variável, expressas por valores numéricos apresentados na escala fundamental.

Tabela 5 – Escala fundamental do AHP.

Escala Numérica	Escala Conceitual	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem de forma igual ao objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	O juízo e a experiência favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	O juízo e a experiência favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra, podendo ser demonstrado em prática
9	Importante absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Busca de uma condição de compromisso entre as duas atividades

Fonte: Extraído de Saaty (1977).

Considerando a escala fundamental estabelecida por Saaty (1977), Tabela 5, e a hierarquização da importância das variáveis, foi elaborada a matriz de comparação par a par direta e reversa entre as variáveis (Tabela 6), e, para o cálculo dos pesos AHP, foi realizada a somatória de cada coluna para cada variável da matriz pareada, resultando no denominado “vetor de coluna pareada”. Para obtenção da matriz normalizada (Tabela 6) “(...) divide-se o vetor coluna pareada pelo valor correspondente em cada célula referente às variáveis da matriz pareada” (MARTINES et al. 2020, p. 118).

Na sequência, realizou-se o somatório dos valores das linhas da matriz normalizada em cada variável (vetor linhas), correspondendo ao denominado “vetor coluna normalizado”, e, finalmente calculou-se o vetor de prioridades, ou seja, os pesos estimados, através da razão entre os vetores linha e vetor coluna normalizado (Tabela 6).

Tabela 6 – Matriz de comparação, normalização dos critérios das variáveis e cálculo dos vetores linha, coluna pareada, e, o vetor propriedade, segundo método AHP.

Matriz de Comparação				
	Usos e cobertura da terra	Declividade		
Usos e cobertura da terra	1,00	5,00	}	
Declividade	0,20	1,00		
Vetor coluna pareada	1,20	6,00		
Matriz Normalizada				
	Usos e cobertura da terra	Declividade	Vetor linha	Vetor prioridade
Usos e coberturas da terra	1.00	5.00	1,67	0,83
Declividade	0.20	1.00	0,33	0,17
Soma do vetor linha (vetor coluna normalizado)	1.20	6.00	2,00	-

Fonte:. Adaptado de Saaty (1992).

Saaty (1992) ressalta as decisões dentro de um sistema, independentemente do nível ou importância, necessitam de suporte por medidas confiáveis, devendo ser precisas, exatas e rastreáveis, possibilitando graus de concordância, e, a inconsistência das relações pode gerar resultados desastrosos. O autor, consciente da inexistência da perfeição da consistência, propõe um método capaz de mensurar a importância dessa precisão em dado contexto, denominado Razão de Consistência (RC), que possibilita a avaliação da inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos, que deve resultar menor 0,1 para ser considerada consistente.

A RC é calculada através do Índice de Consistência (IC) em comparação com os Índices Aleatórios (*Random Index* – RI) propostos por Saaty (1992) para matrizes de ordem de 0 a 10, resultando na expressão $RC = IC / RI$, que deve resultar em valor $< 0,1$, caso contrário, é recomendado a revisão da construção e julgamentos da matriz. Entretanto, o cálculo da RC não foi necessário na etapa em questão, pois Saaty (1992) ressalta que matrizes de decisão de ordem 1 e 2 se apresentarão sempre consistentes.

Assim, a variável de usos e coberturas da terra é considerada com maior influência à conservação dos recursos hídricos da APA, com vetor de prioridade final (peso) calculado e atribuído em 0,83, enquanto a declividade apresentou um vetor de 0,17. Valores esses que serão ponderados na equação da álgebra de mapas posteriormente.

4.7.2 Execução da Álgebra de Mapas

Segundo Martines et al. (2020), a execução da álgebra de mapas necessita que todos os geo-campos sejam modelos numéricos, ou seja, necessitando a transformação de cada plano de informação temáticos vetoriais em plano de informação numérico, resultando na apresentação de classes temáticas em valores numéricos.

Assim, após a ponderação dos pesos para cada variável da pesquisa, foi utilizado software SIG para preparação dos arquivos e o devido cálculo de álgebra dos geo-campos origem para obtenção de um geo-campo destino, possibilitando a espacialização e análise da criticidade das APPs na APA em relação ao potencial de

conservação dos recursos hídricos locais. Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Recorte dos geo-campos origem “usos e coberturas da terra” e “declividade” ao limite das APPs, facilitando o processamento dos dados no ambiente SIG;
2. Conversão do arquivo vetorial “usos e coberturas da terra” em arquivo raster, com base nos pesos atribuídos;
3. Reclassificação dos geo-campos origem “usos e coberturas da terra” e “declividade” em conformidade aos pesos atribuídos;
4. Cálculo da álgebra, para soma dos geo-campo origem, multiplicados pelos devidos pesos ponderados, gerando um geo-campo destino. A expressão para utilizada para essa Álgebra de Mapas (AM) pode ser representada como: $AM = (a \cdot 0,83) + (b \cdot 0,17)$, em que “a” corresponde à variável “usos e coberturas da terra” e “declividade”;
5. Reclassificação do resultado, geo-campo destino, de acordo com a escala de 1 (muito alta) a 5 (muito baixa) ao nível de potencial de conservação dos recursos hídricos, possibilitando a extração de informações à análise.

4.7.3 Análise da Paisagem nas APPs

Foi realizada a sobreposição e intersecção dos resultados obtidos da álgebra de mapas, geo-campo destino, com a camada de dados referentes às sub-bacias delimitadas na APA, através de algoritmos do software SIG, possibilitando a caracterização da situação da paisagem nas APPs em relação à sua potencialidade de conservação dos recursos hídricos locais, e, assim, identificar e analisar a espacialização das áreas mais críticas, podendo auxiliar em futuras ações de manejo, recuperação e conservação junto ao Conselho Gestor da APA.

4.8 ANÁLISE DA SIMILARIDADE ENTRE AS SUB-BACIAS

Posteriormente, foi realizada uma análise por agrupamentos de dados, também conhecida como “análise de clusters” ou “*clustering*”, procedimento de

plotagem de dados que possibilita uma melhor observação do universo amostral, objetivando análises de classificação (KASZNAR E GONÇALVES, 2009). O resultado é um conjunto de agrupamentos de dados, cada qual denominado cluster, constituído por um número não fixo de elementos similares entre si, através de um padrão de similaridade (METZ, 2006).

Para compreender o padrão de similaridade entre as sub-bacias da APA, em relação à criticidade da paisagem nas APPs, foi utilizado a abordagem *Clustering* Hierárquico, no qual, segundo Metz (2006), o agrupamento resultante evidencia alta similaridade entre os elementos pertencentes ao mesmo cluster e baixa similaridade aos elementos pertencentes a cluster distintos.

5 RESULTADOS

O mapeamento dos Usos e Coberturas da Terra da APA de Itupararanga do presente estudo (Figura 9) revela que mais de um terço (1/3) do território é ocupado por remanescentes florestais, totalizando 37.899 ha, 40% da APA, entretanto, distribuídos em 6.604 fragmentos, caracterizando vegetação florestal muito fragmentada.

Na Tabela 7 e Figura 10 apresentam os valores encontrados para cada classe mapeada, em que se destacam os usos e coberturas agrícolas (12%), áreas urbanas e ocupações humanas somando aproximadamente 20% e campos limpos (10%).

Figura 9 – Usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga.

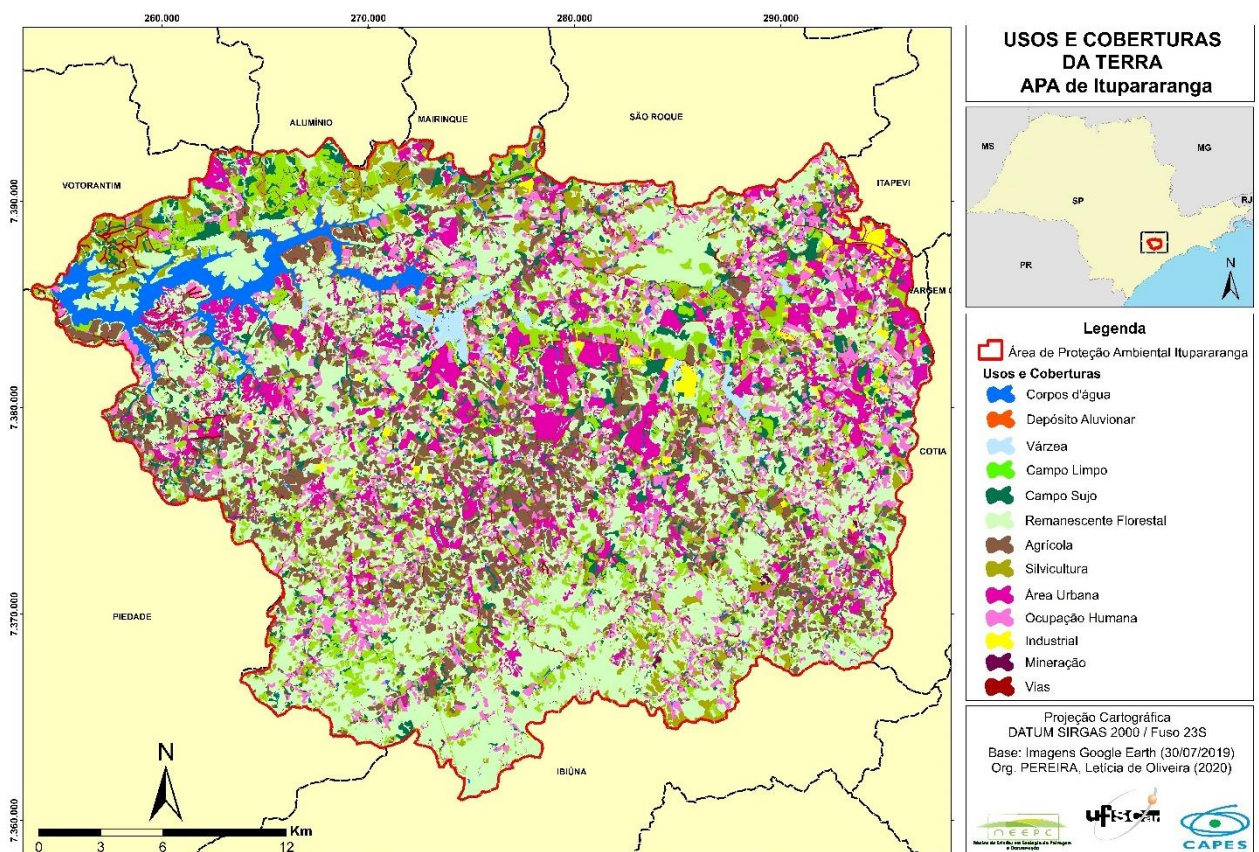
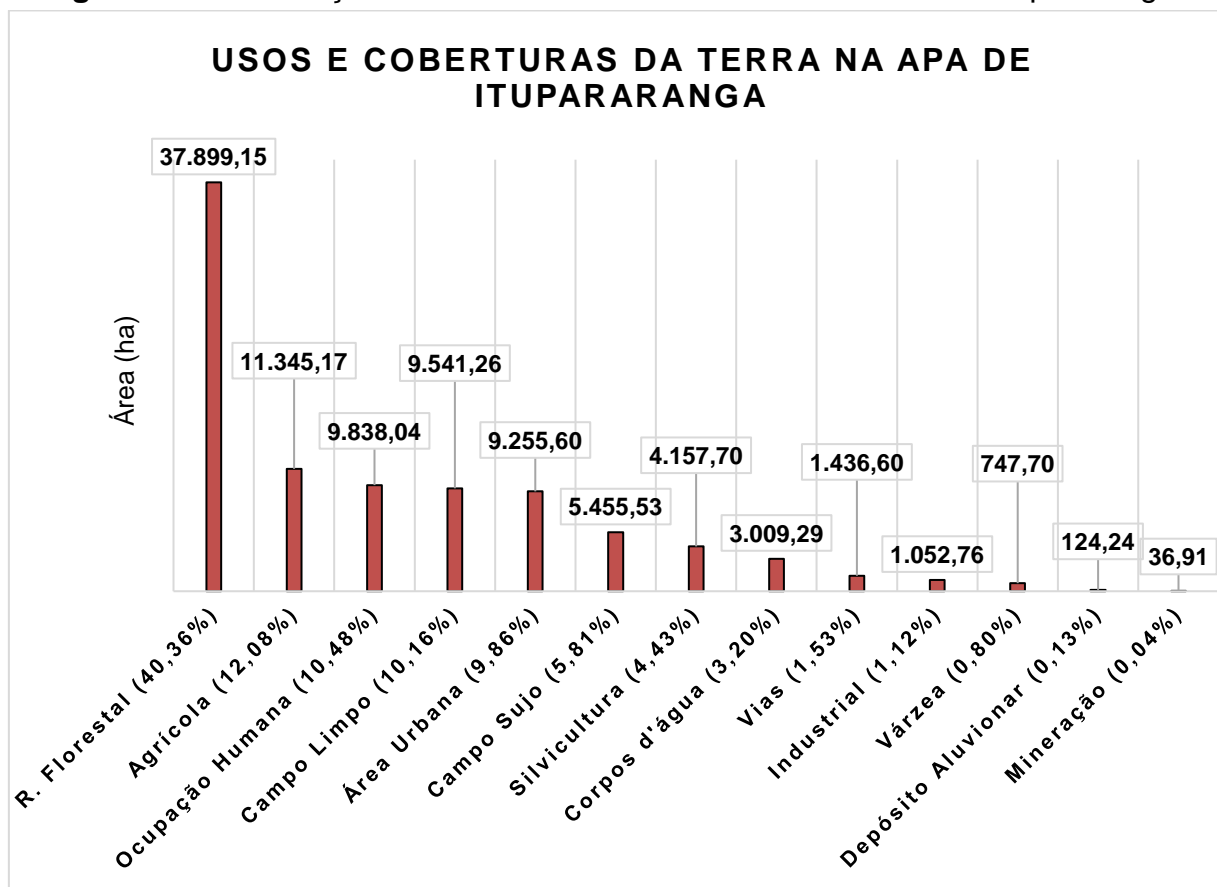


Tabela 7 - Classes de usos e coberturas da terra mapeadas na APA de Itupararanga em valores (ha e %).

Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	37.899,15	40,36
Agrícola	11.345,17	12,08
Ocupação Humana	9.838,04	10,48
Campo Limpo	9.541,26	10,16
Área Urbana	9.255,60	9,86
Campo Sujo	5.455,53	5,81
Silvicultura	4.157,70	4,43
Corpos d'água	3.009,29	3,20
Vias	1.436,60	1,53
Industrial	1.052,76	1,12
Várzea	747,70	0,80
Depósito Aluvionar	124,24	0,13
Mineração	36,91	0,04
Total	93.899,95	100,00

Figura 10 - Distribuição dos usos e coberturas da terra na APA de Itupararanga.



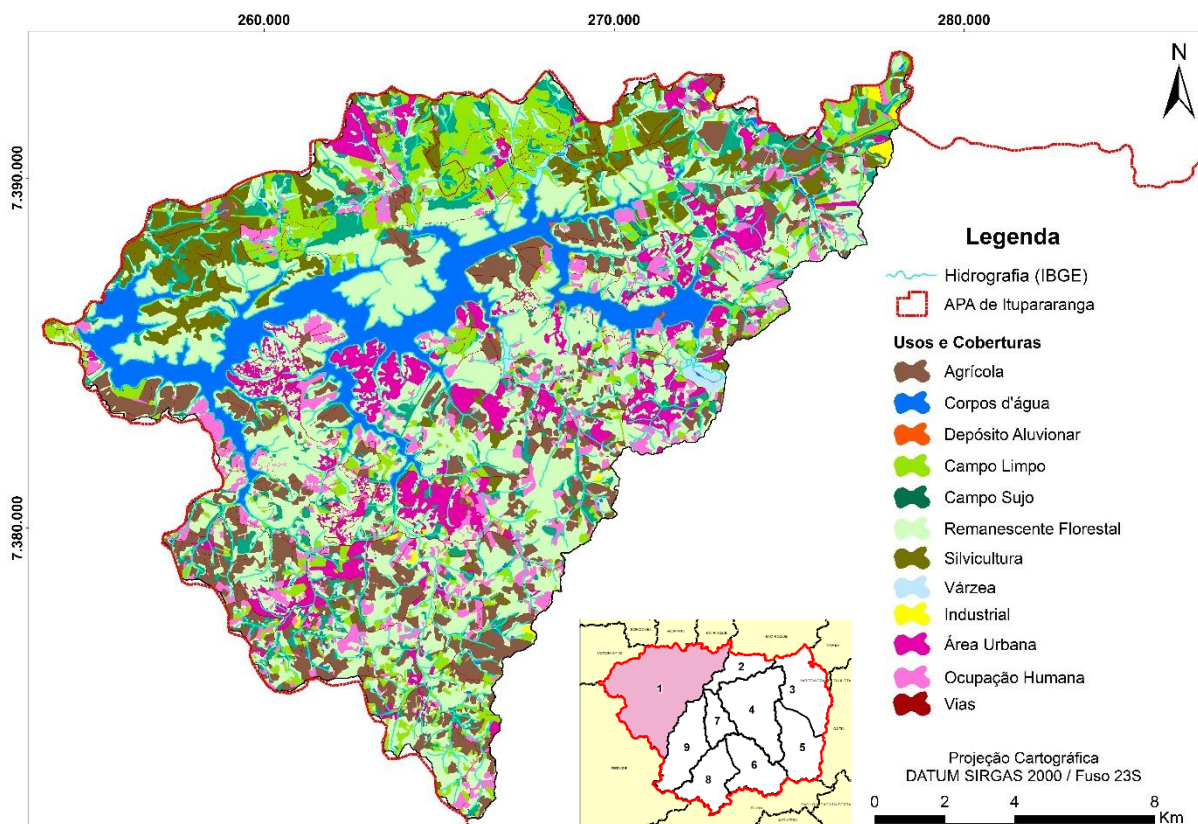
A Sub-bacia 1 é a maior em extensão, aproximadamente 25.800 ha, e abrange a Represa Itupararanga, recurso hídrico de expressiva relevância ecológica e econômica no Estado de São Paulo, definida em maior parte como área de interesse à conservação dos recursos hídricos (ZCRH) e de ocupação rural (ZOR), segundo zoneamento definido pelo Plano de Manejo. A área abrange bairros urbanizados, bem, como construções isoladas e muitos loteamentos com características de imóveis de veraneios, com a presença de piscinas e acessos às margens da represa (Figura 11).

Os resultados do mapeamento dos usos e coberturas da terra do presente estudo demonstram que a Sub-bacia 1 tem 36% de sua área composta por remanescentes florestais, valor abaixo do registrado nessa classe para a APA como um todo (40%). As áreas de atividades agrícolas (12%), áreas urbanas (8%) e ocupações humanas (7%) somam 27% da área, entretanto, ressalta-se o valor de 6,5% para incidência de atividades silviculturais (Tabela 8).

Tabela 8 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 1 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 1 (REPRESA ITUPARARANGA)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	9.464,42	36,55
Agrícola	3.223,72	12,45
Corpos d'água	2.547,24	9,84
Campo Limpo	2.457,52	9,49
Área Urbana	2.079,78	8,03
Ocupação Humana	1.835,00	7,09
Campo Sujo	1.809,89	6,99
Silvicultura	1.696,08	6,55
Vias	429,83	1,66
Várzea	124,52	0,48
Depósito Aluvionar	124,24	0,48
Industrial	100,10	0,39
Total	25.892,33	100,00

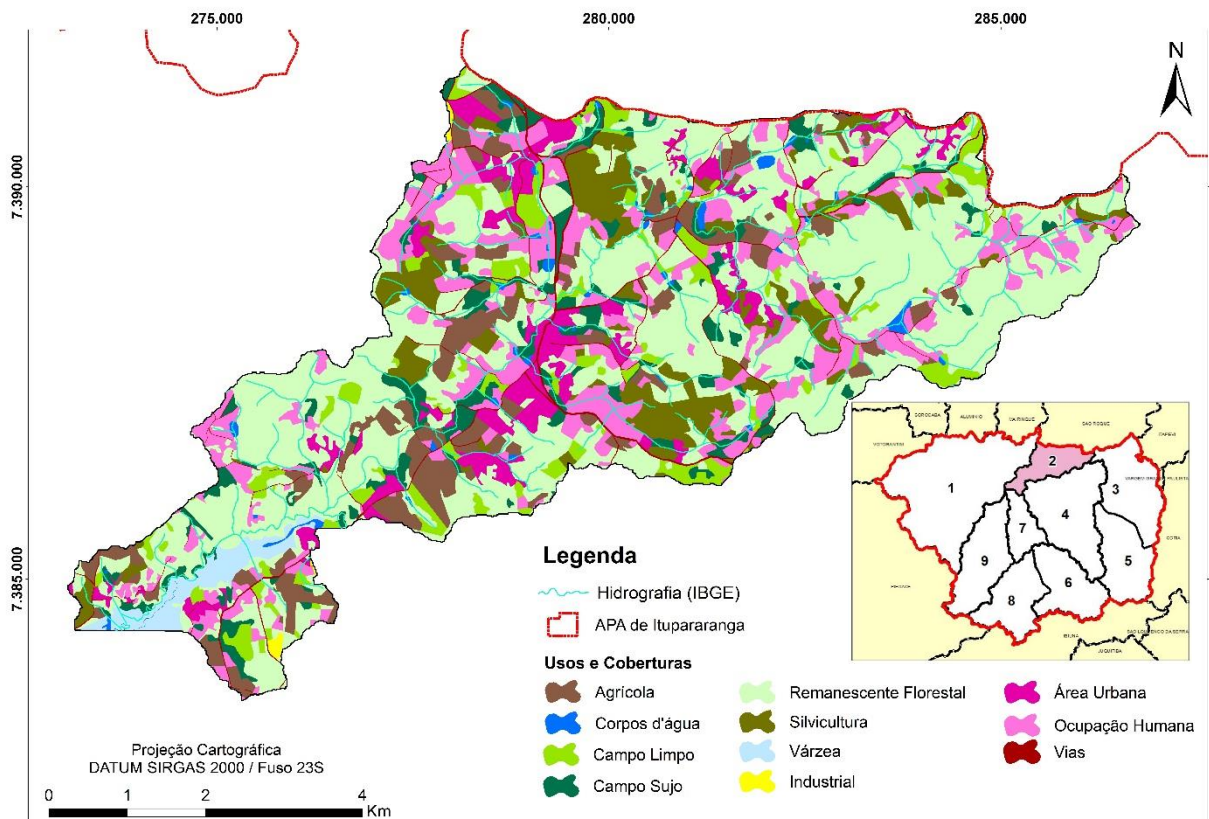
Figura 11 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 1 - Represa Itupararanga”.



A Sub-bacia 2 corresponde à área de drenagem das águas ao Ribeirão Ponte Lavrada, apresentando extensão de aproximadamente 4.500 ha, sendo 45% dessa área ocupada por remanescentes florestais. A ocupação humana nessa bacia é configurada, principalmente, por grandes lotes e chácaras rurais. É a menor sub-bacia da APA, porém, as atividades de silvicultura são observadas em 8%, valor maior do que os encontrados nas demais sub-bacias (Tabela 9 e Figura 12). Possui mais de 80% de seu território definido como área de interesse à conservação dos recursos hídricos, sendo o restante à ocupação rural, segundo o Zoneamento Ambiental do Plano de Manejo.

Tabela 9 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 2 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 2 (RIB. PONTE LAVRADA)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	2.042,17	45,29
Ocupação Humana	663,08	14,70
Agrícola	386,76	8,58
Silvicultura	379,47	8,41
Área Urbana	281,23	6,24
Campo Sujo	271,04	6,01
Campo Limpo	265,30	5,88
Vias	88,81	1,97
Várzea	81,71	1,81
Corpos d'água	42,04	0,93
Industrial	7,91	0,18
Total	4.509,52	100,00

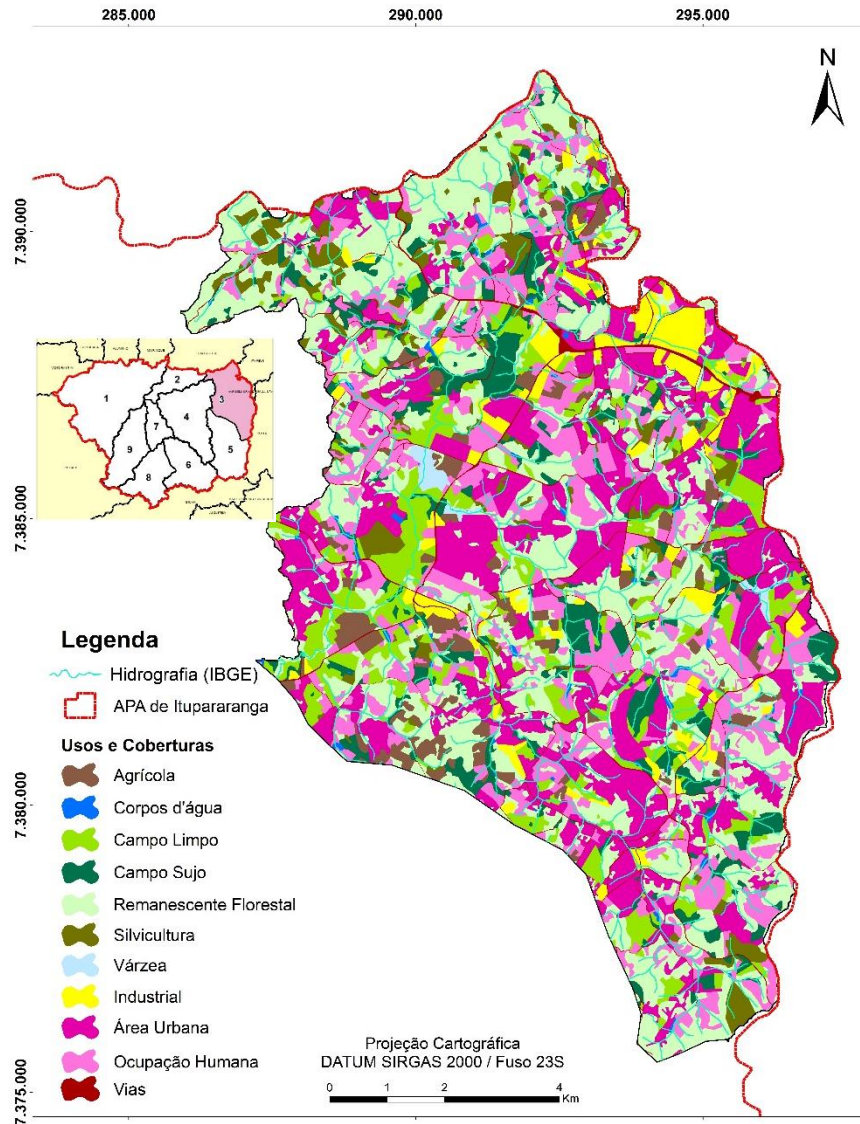
Figura 12 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 2 - Ribeirão Ponte Lavrada”.

A somatória das classes “área urbana” e “ocupação humana” representam 38% da área da Sub-bacia 3, denominada Ribeirão Vargem Grande, valor superior ao encontrado para remanescentes florestais (29%). Observa-se, também, um valor para o uso industrial mais elevado que os encontrados nas demais sub-bacias (Tabela 10 e Figura 13). Aproximadamente 65% do território é definido, no zoneamento ambiental como de interesse às ocupações dirigidas, principalmente com características diversificadas.

Tabela 10 - Usos e coberturas da terra na Sub-Bacia 3 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 3 (RIB. VARGEM GRANDE)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	3.053,56	29,65
Área Urbana	2.179,52	21,16
Ocupação Humana	1.696,56	16,47
Campo Limpo	972,12	9,44
Campo Sujo	770,88	7,49
Industrial	468,44	4,55
Silvicultura	411,83	4,00
Agrícola	406,85	3,95
Vias	233,88	2,27
Corpos d'água	54,25	0,53
Várzea	51,08	0,50
Total	10.298,97	100,00

Figura 13 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 3 - Ribeirão Vargem Grande”.

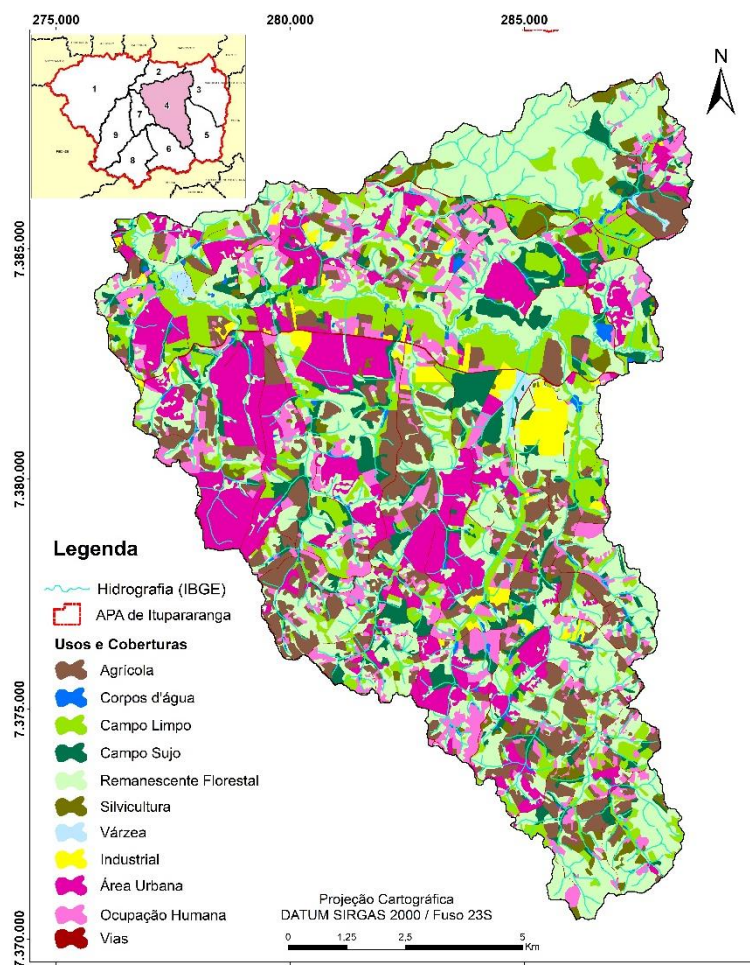


A Sub-bacia 4 que drena as águas ao Rio Sorocamirim em sua porção Noroeste, apresenta a incidência de 35% de remanescentes florestais em seu território, seguida por 15% de área urbana, 13% de atividades agrícolas, 13% de campos limpos, entre outras, (Tabela 11 e Figura 14). Em suma, é definida como área de interesse principal à conservação dos recursos hídricos, além de apresentar, segundo o zoneamento ambiental, áreas de ocupação consolidada.

Tabela 11 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 4 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 4 (SOROCAMIRIM NW)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	4.520,47	34,19
Área Urbana	2.016,13	15,25
Agrícola	1.754,53	13,27
Campo Limpo	1.684,35	12,74
Ocupação Humana	1.231,54	9,31
Campo Sujo	957,70	7,24
Silvicultura	370,12	2,80
Industrial	301,74	2,28
Vias	201,67	1,53
Corpos d'água	120,58	0,91
Várzea	62,68	0,47
Total	13.221,51	100,00

Figura 14 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 4 - Sorocamirim NW”.

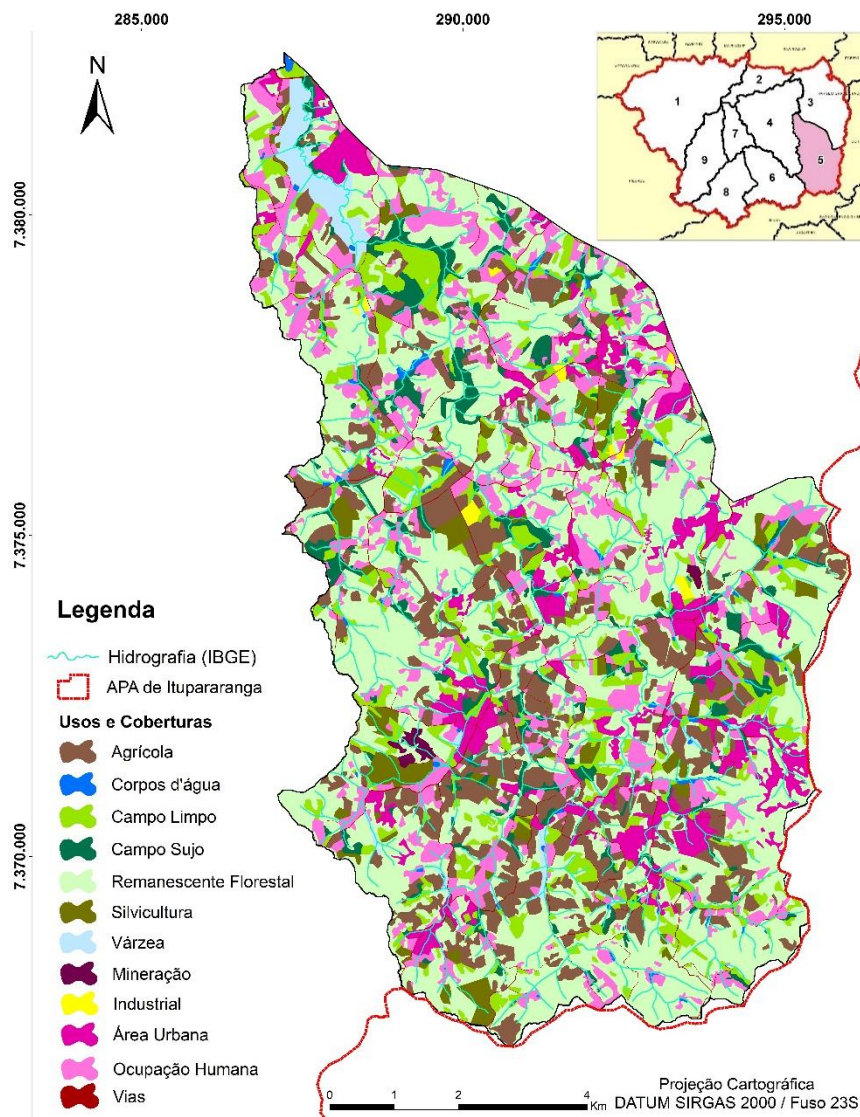


A porção sudeste do Rio Sorocamirim, delimitada pela Sub-bacia 5, apresenta um percentual maior de cobertura por remanescentes florestais (43%), porém, também acompanha por atividades agrícolas representativas (15%) e muitos loteamentos e chácaras isolados, além de uma grande presença de galpões associados às áreas de cultivo (Tabela 12 e Figura 15). Pouco mais de metade de seu território é definido como de interesse às ocupações dirigidas, principalmente rurais e diversificadas.

Tabela 12 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 5 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 5 (SOROCAMIRIM SE)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	3.838,58	43,12
Agrícola	1.304,88	14,66
Ocupação Humana	1.168,55	13,13
Campo Limpo	842,49	9,46
Área Urbana	651,39	7,32
Campo Sujo	422,22	4,74
Silvicultura	297,85	3,35
Várzea	146,80	1,65
Vias	120,75	1,36
Corpos d'água	56,16	0,63
Industrial	27,57	0,31
Mineração	24,08	0,27
Total	8.901,31	100,00

Figura 15 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 5 - Sorocamirim SE”.

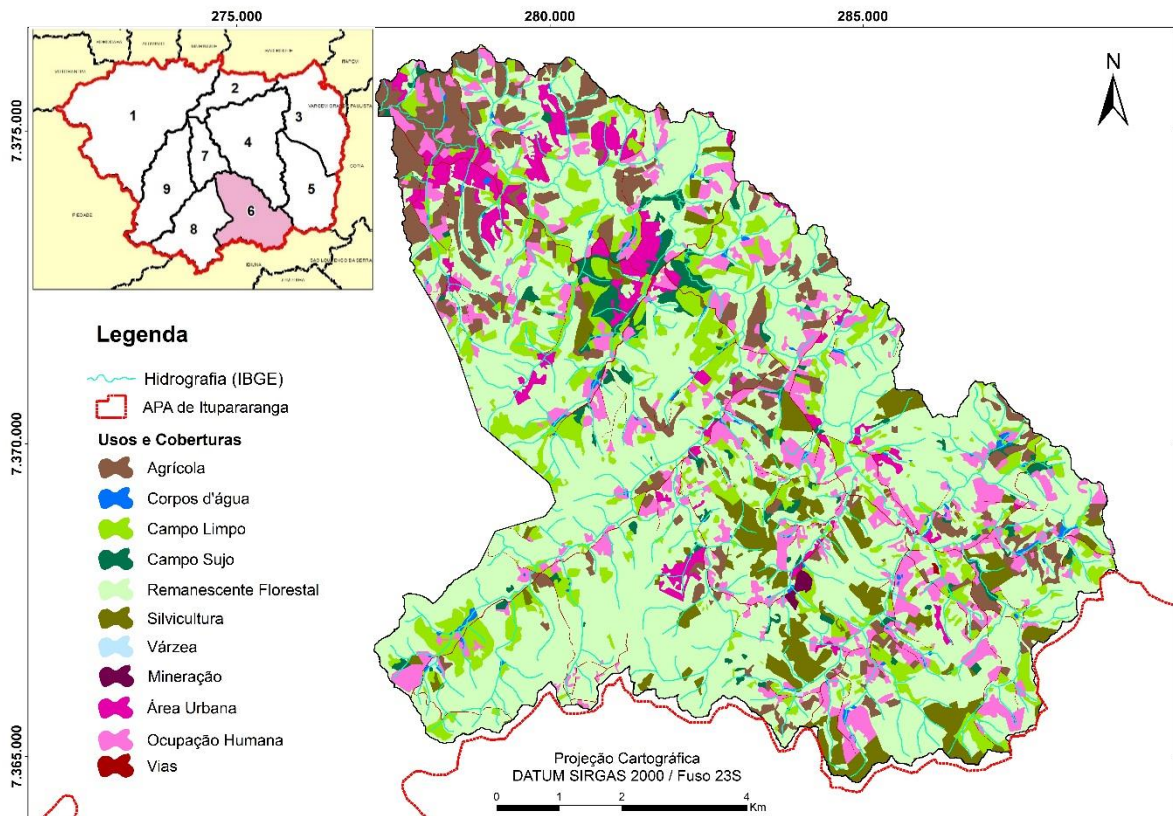


A Sub-bacia 6 delimita a porção sudeste de drenagem das águas ao Rio Sorocabuçu, que apresentou mais de 50% de seu território coberto por remanescentes florestais (Tabela 13 e Figura 16). A sub-bacia apresenta a maior incidência da zona determinada como prioritária à conservação da biodiversidade (ZCB) no Plano de Manejo da APA, totalizando mais de 50% de seu território.

Tabela 13 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 6 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 6 (SOROCABUÇU SE)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	4667,09	56,05
Campo Limpo	921,45	11,07
Ocupação Humana	866,00	10,40
Agrícola	724,21	8,70
Silvicultura	459,11	5,51
Área Urbana	322,41	3,87
Campo Sujo	198,59	2,39
Vias	96,32	1,16
Corpos d'água	54,12	0,65
Mineração	11,22	0,13
Várzea	5,79	0,07
Total	8.326,31	100,00

Figura 16 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 6 - Sorocabuçu SE”.

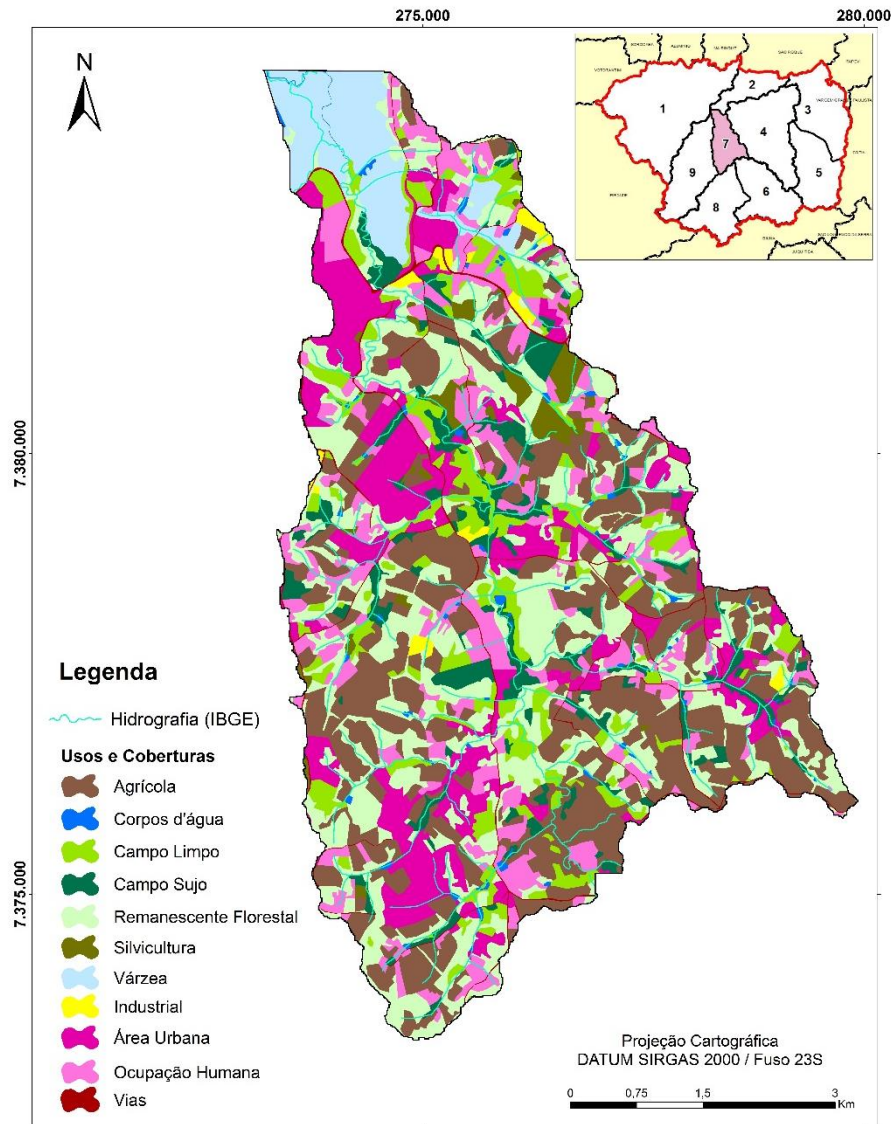


A Sub-bacia 7, correspondente à porção noroeste da área de drenagem ao Rio Sorocabuçu, apresenta um padrão estrutural da paisagem com a predominância de atividade agrícolas (26%), remanescentes florestais (24%) e áreas urbanas de e ocupações humanas (somatória de 24%), caracterizando a heterogeneidade dos interesses entre os sujeitos envolvidos. A distribuição dos usos e coberturas está representada na Tabela 14 e na Figura 17. É caracterizada pelo zoneamento como sendo área de interesse à conservação dos recursos hídricos (61%) e de ocupação rural (34%).

Tabela 14 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 7 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 7 (SOROCABUÇU NW)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Agrícola	1025,27	26,24
Remanescente Florestal	928,04	23,75
Área Urbana	517,09	13,23
Ocupação Humana	452,96	11,59
Campo Limpo	334,13	8,55
Campo Sujo	241,67	6,18
Várzea	211,26	5,41
Silvicultura	78,01	2,00
Vias	57,21	1,46
Industrial	33,12	0,85
Corpos d'água	28,99	0,74
Total	3.907,75	100,00

Figura 17 - Representação dos usos e coberturas da terra da “Sub-bacia Sorocabuçu NW”.

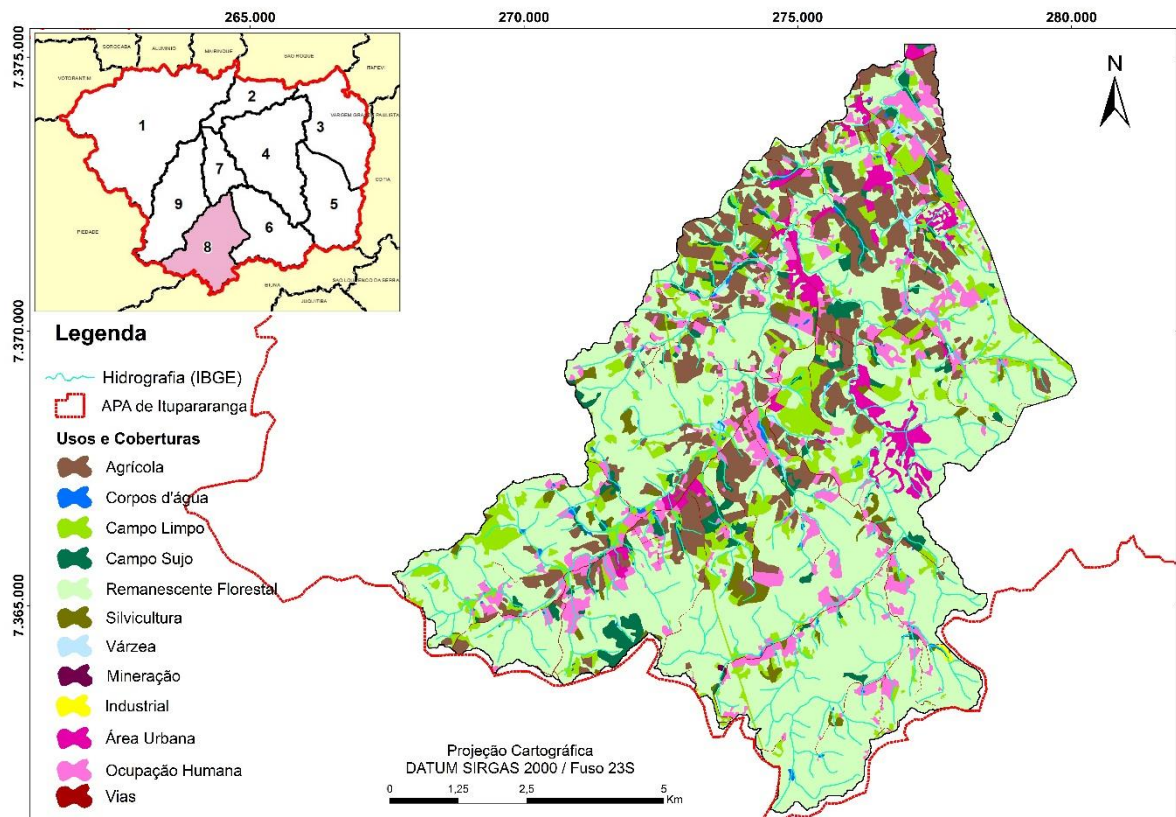


Assim como a Sub-bacia 6, a Sub-bacia 8, referente ao Rio Murundu, incide sob a Zona de Conservação da Biodiversidade, e, apresenta aproximadamente 60% de seu território coberto por remanescentes florestais, seguidos pelas atividades agrícolas, principal atividade econômica do município de Ibiúna, e campos limpos, (Tabela 15 e Figura 18). Aproximadamente 96% do território dessa sub-bacia é definido, no zoneamento ambiental, como sendo área de interesses à conservação, tanto da biodiversidade como dos recursos hídricos.

Tabela 15 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 8 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 8 (RIO MURUNDU)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	4815,35	59,19
Agrícola	1103,66	13,57
Campo Limpo	769,57	9,46
Ocupação Humana	635,66	7,81
Campo Sujo	261,44	3,21
Área Urbana	251,16	3,09
Silvicultura	136,82	1,68
Vias	76,65	0,94
Corpos d'água	46,81	0,58
Várzea	31,51	0,39
Industrial	4,51	0,06
Mineração	1,61	0,02
Total	8.134,75	100,00

Figura 18 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 8 - Rio Murundu”.

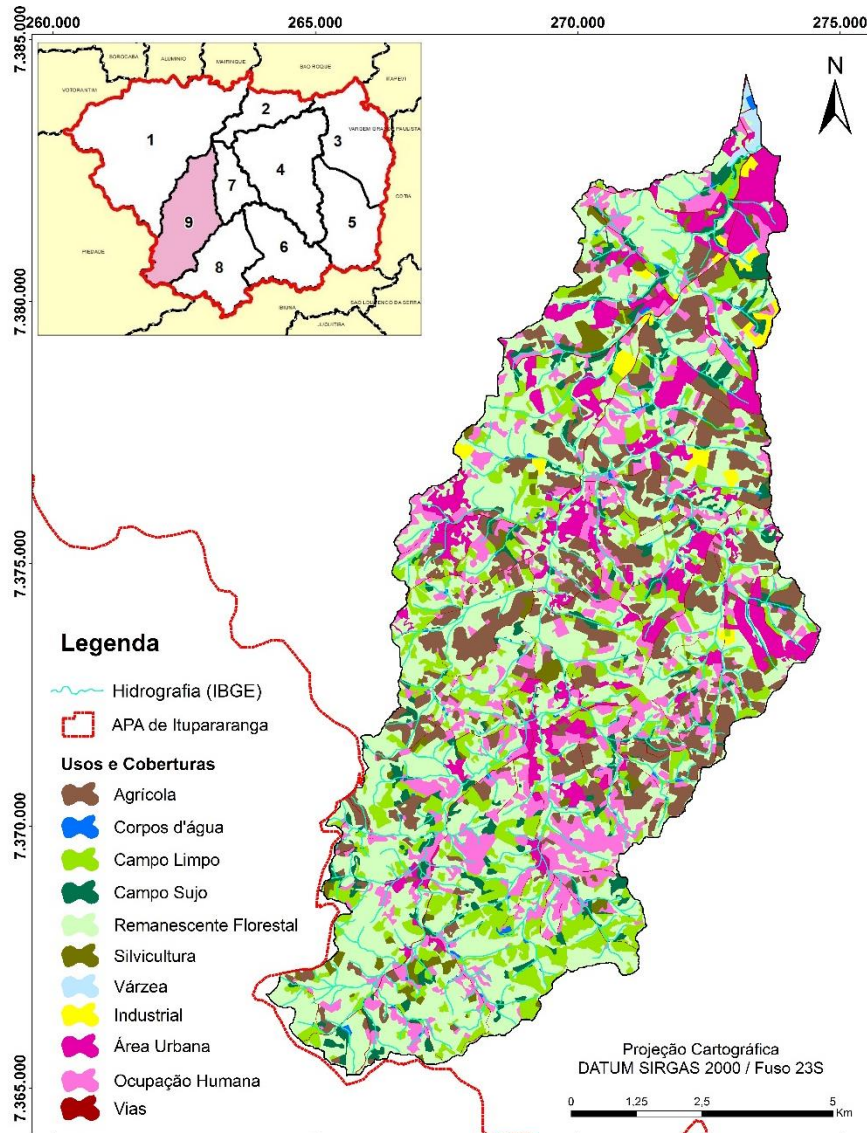


A Sub-bacia 9, corresponde à área de drenagem das águas ao Rio Una, um dos principais cursos hídricos do município de Ibiúna. Em termos gerais, a sub-bacia apresenta 41% de seu território com incidência de remanescentes florestais, valor semelhante ao mapeado para essa classe no território da APA. As atividades agrícolas se apresentam em 14%, seguidas por chácaras, lotes isolados, galpões comerciais, campos limpos e áreas urbanas menos adensadas (Tabela 16 e Figura 19). A maior parte dessa sub-bacia também é definida como de interesses à conservação dos recursos naturais na APA, porém, em 25% é considerada como de interesse à ocupação rural.

Tabela 16 - Usos e coberturas da terra na Sub-bacia 9 na APA de Itupararanga.

SUB-BACIA 9 (RIO UNA)		
Classe	Área	
	(ha)	(%)
Remanescente Florestal	4.059,54	41,47
Agrícola	1.370,45	14,00
Ocupação Humana	1.251,09	12,78
Campo Limpo	1.202,20	12,28
Área Urbana	912,87	9,33
Campo Sujo	468,18	4,78
Silvicultura	212,02	2,17
Vias	116,77	1,19
Industrial	105,38	1,08
Corpos d'água	58,11	0,59
Várzea	32,36	0,33
Total	9.788,97	100,00

Figura 19 - Representação dos usos e coberturas da terra na “Sub-bacia 9 - Rio Una”.



Em relação às Áreas de Preservação Permanente (APPs), calculadas em um buffer com 30 m a partir dos cursos hídricos e 50 m em nascentes e cabeceiras de drenagem, observa-se que as Sub-bacia 6 e a Sub-bacia 5, que drenam as águas ao Rio Sorocabuçu e Sorocamirim respectivamente, rios que formam o importante Rio Sorocaba na região, apresentam a maior área de APP (18,84% e 18,55%), enquanto a Sub-bacia 1, Represa Itupararanga, a maior em extensão, apresenta a menor área de APP (14,28%), conforme Tabela 17.

Tabela 17 – Quantificação de área de APP em cada sub-bacia da APA de Itupararanga.

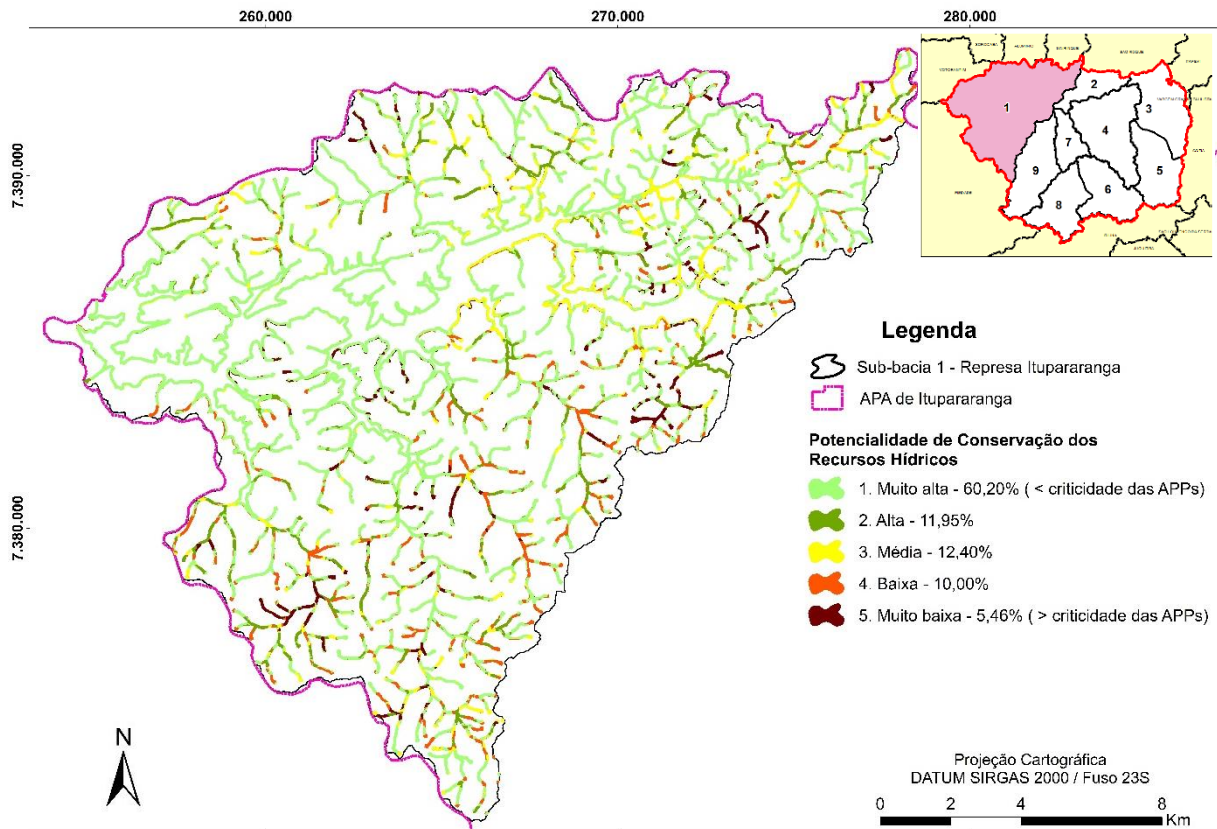
SUB-BACIA	ÁREA DA SUB-BACIA (ha)	ÀREA DE APP (ha)	ÁREA DE APP (%)
6	8.316,18	1.566,97	18,84
5	8.899,66	1.651,00	18,55
3	10.305,31	1.747,17	16,95
2	4.514,31	741,80	16,43
4	13.210,45	2.168,30	16,41
7	3.907,24	632,23	16,18
8	8.134,13	1.312,66	16,14
9	9.785,23	1.551,66	15,86
1	25.879,30	3.695,19	14,28
Total	92.951,81	15.066,98	-

A operação matemática entre a combinação dos valores atribuídos aos usos e coberturas da terra e à declividade possibilitou a caracterização da paisagem nas APPs da APA de Itupararanga, em que os valores encontrados no geo-campo destino foi classificados entre 1 a 5, conforme escala descrita no item 4.7.1, possibilitando o apontamento das áreas mais e menos críticas em relação ao potencial de conservação dos recursos hídricos de cada sub-bacia.

Na Sub-bacia 1, Represa Itupararanga, aproximadamente 60% da APPs apresentou um índice favorável (1 – Muito alto) à conservação dos recursos hídricos, onde há a ocorrência predominante das classes fragmentos florestais e campos limpos associados às declividades mais amenas – plano (0 – 3%), suave ondulado (3- 8%) e ondulado (8 – 20%), enquanto a distribuição das áreas atribuídas com potencial muito baixo (5) à conservação, ou seja, com maior índice de criticidade, ocorre nos trechos de APP ocupados, principalmente por áreas urbanizadas, exercendo grande influência independente do percentual de declividade associado e totalizam cerca de 5,5% das APPs.

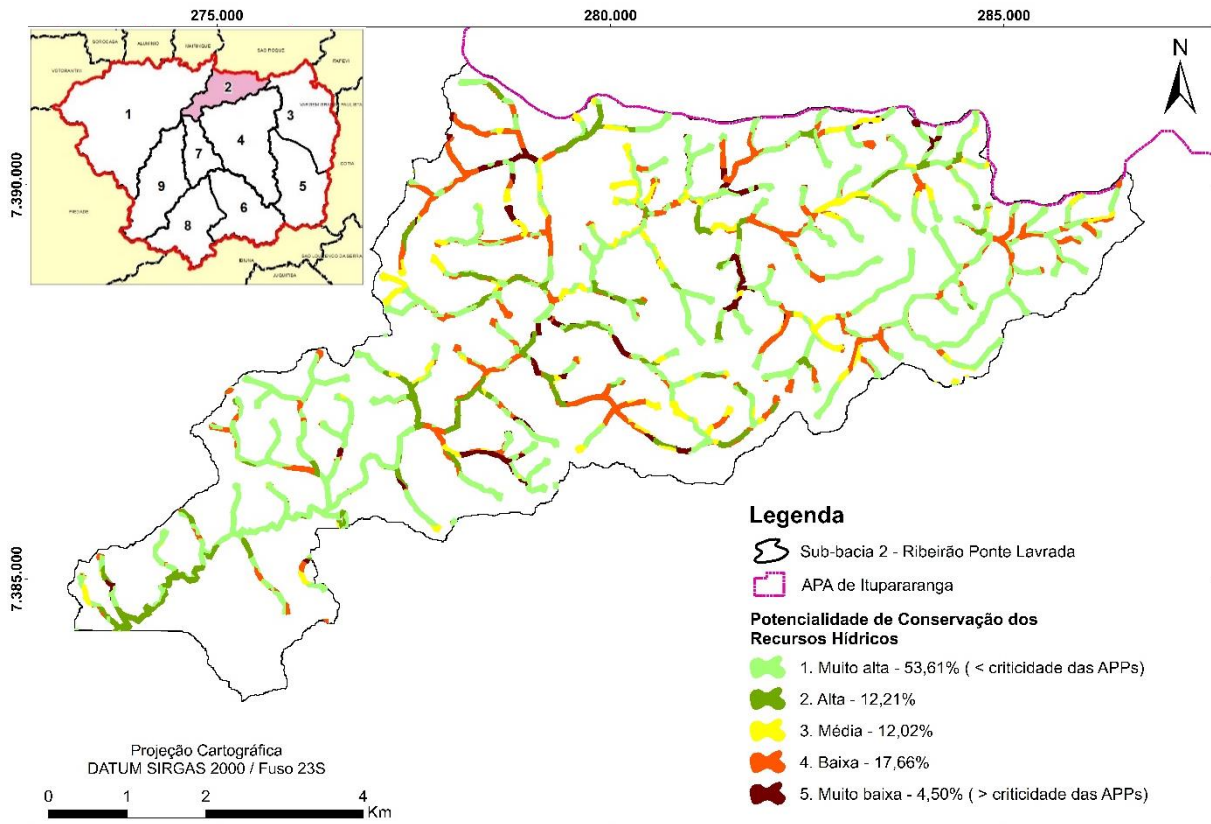
A Figura 20 evidencia a quantificação e espacialização da criticidade das APPs nesta sub-bacia, em que as áreas com baixa ou muito baixa potencialidade à conservação dos recursos hídricos constituem as áreas mais críticas.

Figura 20 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 1, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



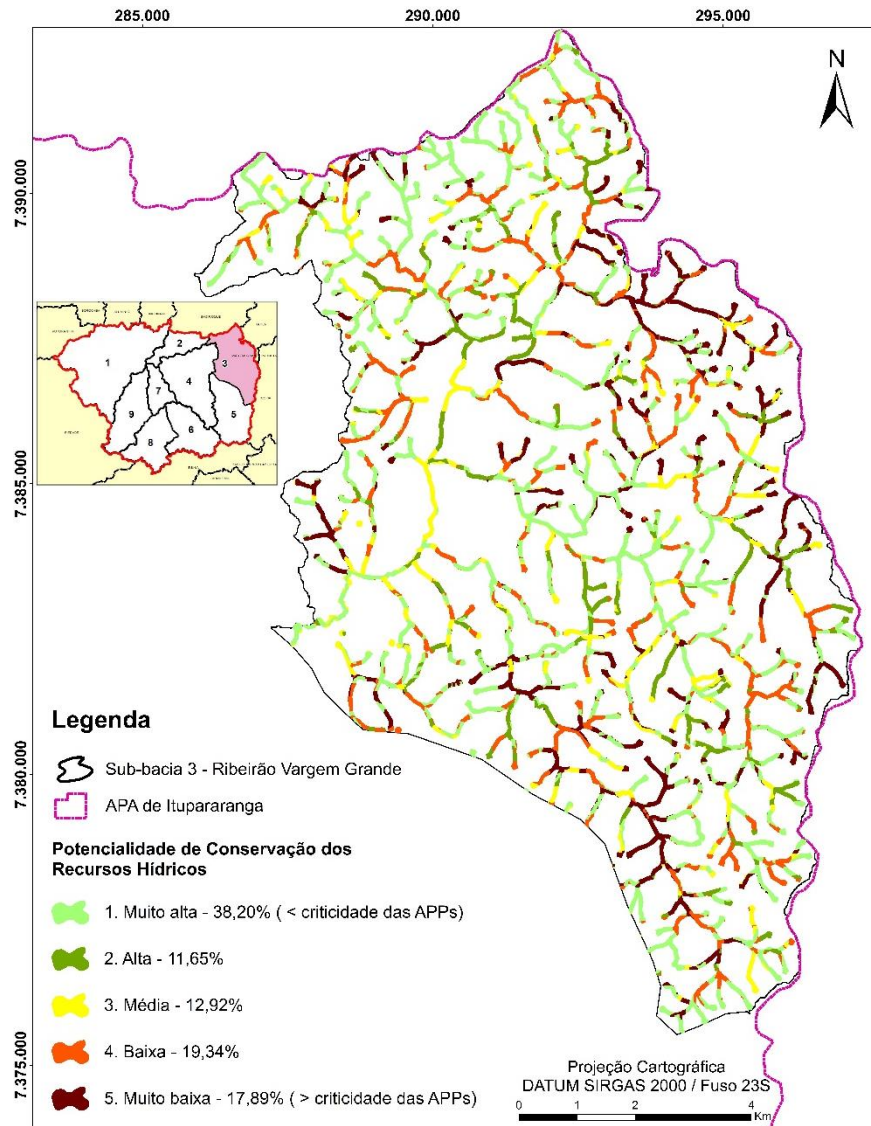
Na Sub-bacia 2, do Ribeirão Ponte Lavrado, o peso atribuído aos remanescentes florestais como potenciais à conservação dos recursos hídricos quando associados à declividade local resultam no maior percentual de APPs classificadas com potencialidade muito alta à conservação, totalizando 53,61%. Entretanto, há a incidência de uma declividade mais íngreme em quase toda a sua extensão, com percentuais entre 8 – 20 % (ondulado) e 20 – 45% (forte ondulado), que, associados às áreas de ocupação humana, segunda maior classe de uso quantificada na sub-bacia caracterizam as APP com baixa (17,66%) e muito baixa (4,50%) potencialidade à conservação, ou seja, as áreas mais críticas (Figura 21).

Figura 21 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 2, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



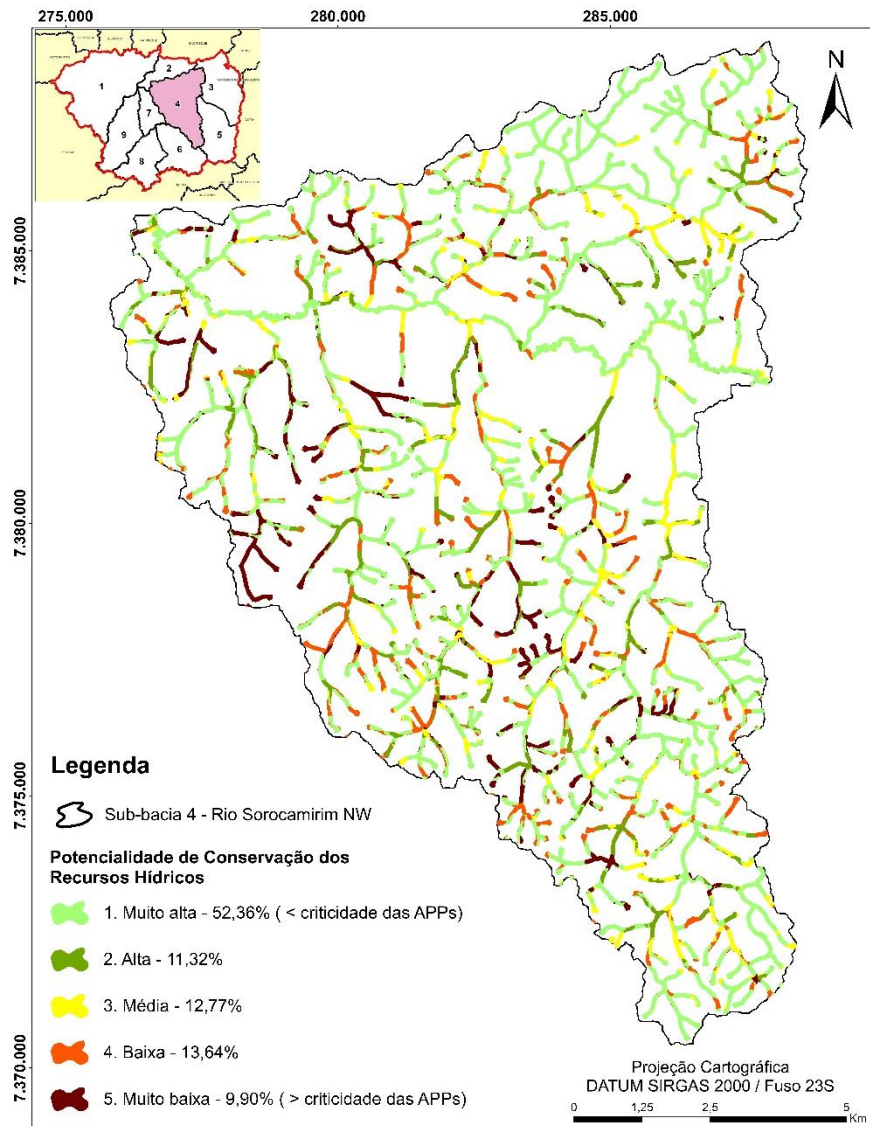
Na Sub-bacia 3 (Figura 22), referente ao Ribeirão Vargem Grande, observa-se um padrão da paisagem nas APPs diferentes das sub-bacias anteriores, com um alto percentual de área classificada com baixa (19,34%) e muito baixa (17,89%) potencialidade à conservação dos recursos hídricos, espacializadas nos usos como ocupação humana, área urbana e industrial, associados à declividade predominante de 3 – 8% (suave ondulado) a 8 – 20% (ondulado). Entretanto, o maior percentual da área das APPs é classificado com potencialidade muito alta, totalizando 38,20%.

Figura 22 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 3, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



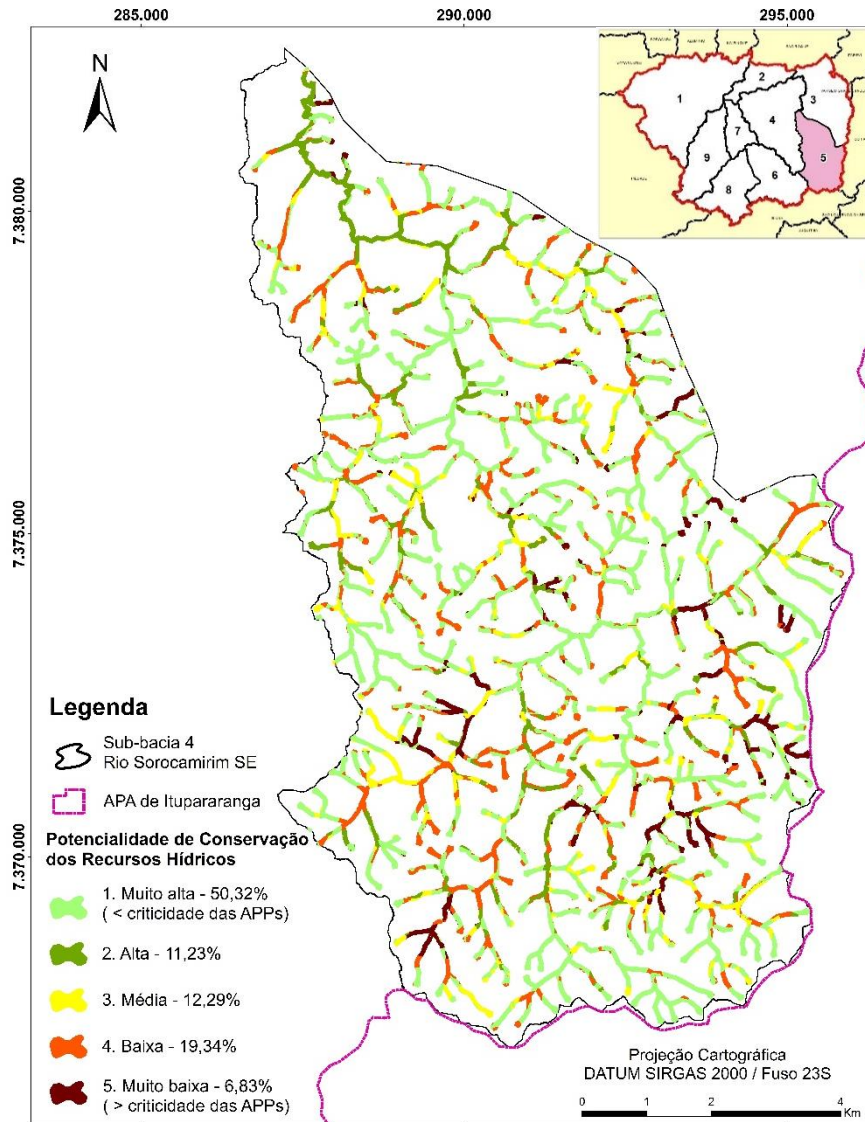
A Sub-bacia 4, Rio Sorocamirim NW, porção noroeste (Figura 23), apresenta um padrão estrutural da paisagem com 1/3 (um terço) da sua área coberta por remanescentes florestais e apresentando áreas urbanas consolidadas proporcionais às áreas agrícolas e campos limpos,. Esse mosaico, resultou em uma área total de 52,36% das APPs com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos, caracterizando-se como as áreas menos críticas; 11,32% classificadas com alta potencialidade; 12,77% com média; 13,64% com baixa, e; 9,90% com muito baixa, sendo estas duas últimas distribuídas em áreas onde foram mapeadas, principalmente, áreas urbanas e agrícolas e a declividade é caracterizada como ondulada (8 – 20%).

Figura 23 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 4, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



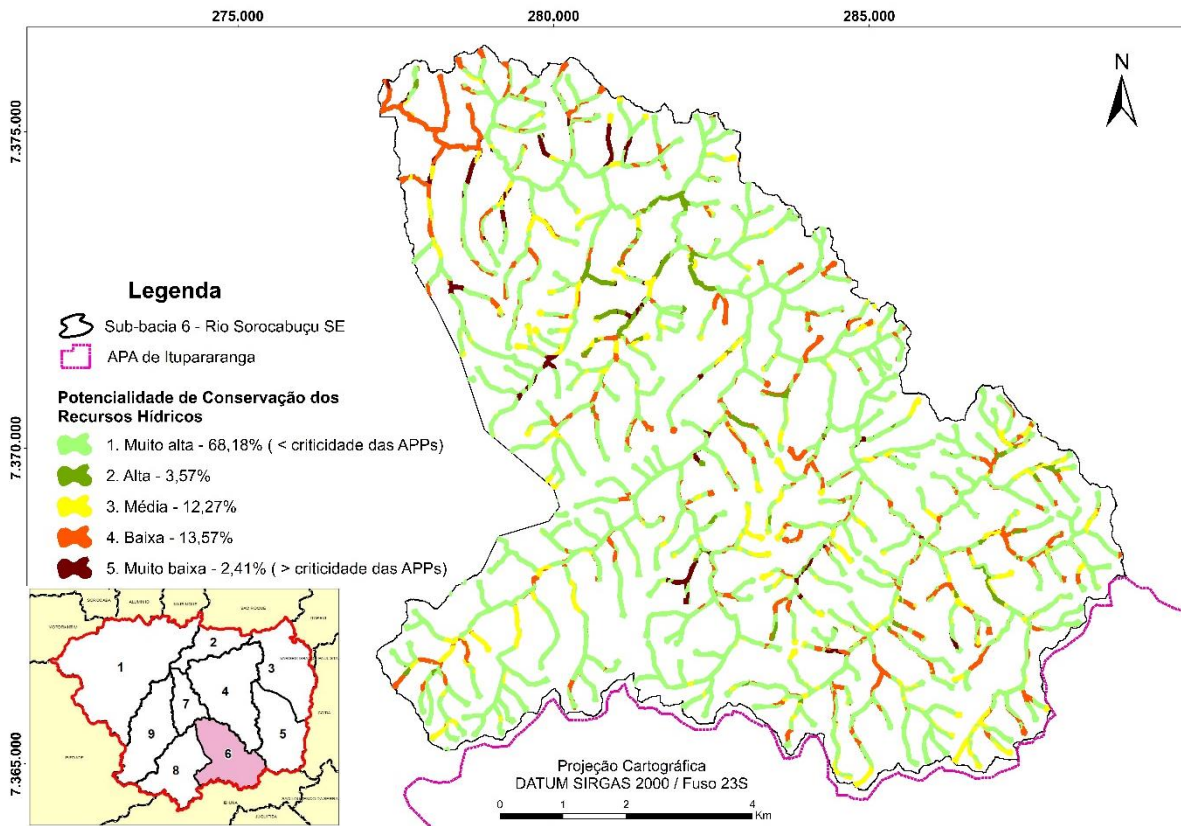
A aplicação da Álgebra de Mapas na sub-bacia 5 resultou em um total de 50,32% das APPs classificadas com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos, seguida por 19,34% de áreas com baixa potencialidade; por 12,29% com média; 11,23% com alta e 6,83% com muito baixa (Figura 24). Ressalta-se que as APPs com baixa e muito baixa potencialidade incidem em áreas com usos predominantes como áreas urbanas, agrícolas e até minerações associadas à declividade caracterizada como ondulada (8 – 20%) a forte ondulada (20 – 45%).

Figura 24 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 5, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



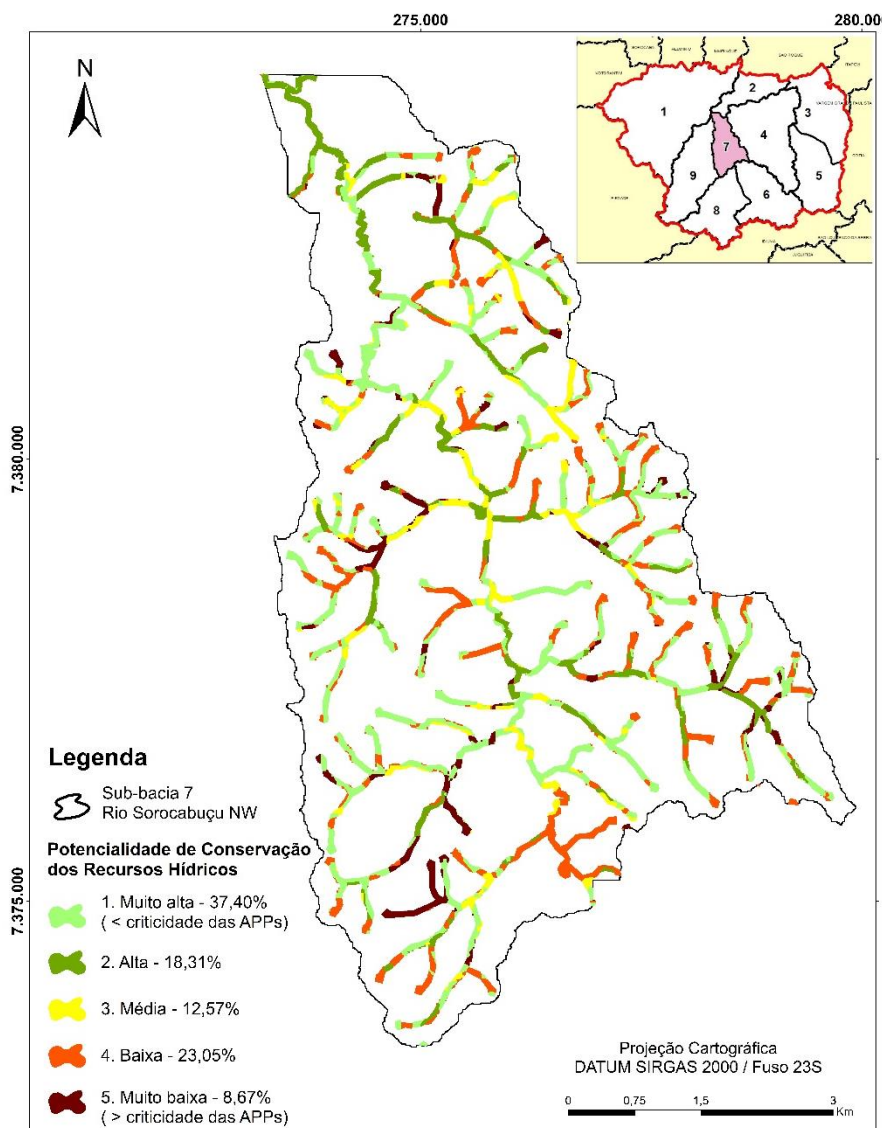
Na área sul da APA de Itupararanga, conforme apresentado no item 4.4, a declividade é predominante por relevo ondulado (8 – 20%) e forte ondulado (20 – 45%), entretanto, na Sub-bacia 6, referente ao Rio Sorocabuçu em sua porção sudeste, as APPs incidem em usos e coberturas da terra que foram ponderados anteriormente como relevantes à conservação dos recursos hídricos. Assim, tem-se um total de 68,18% das APPs classificadas com muito alta potencialidade de conservação, seguida por 3,57% com alta; 12,27% com média; 13,57% com baixa, e; apenas 2,41% com muito baixa, esta última associadas à intersecção das áreas ocupadas por usos urbanos, agrícolas e mineração, (Figura 25).

Figura 25 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 6, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



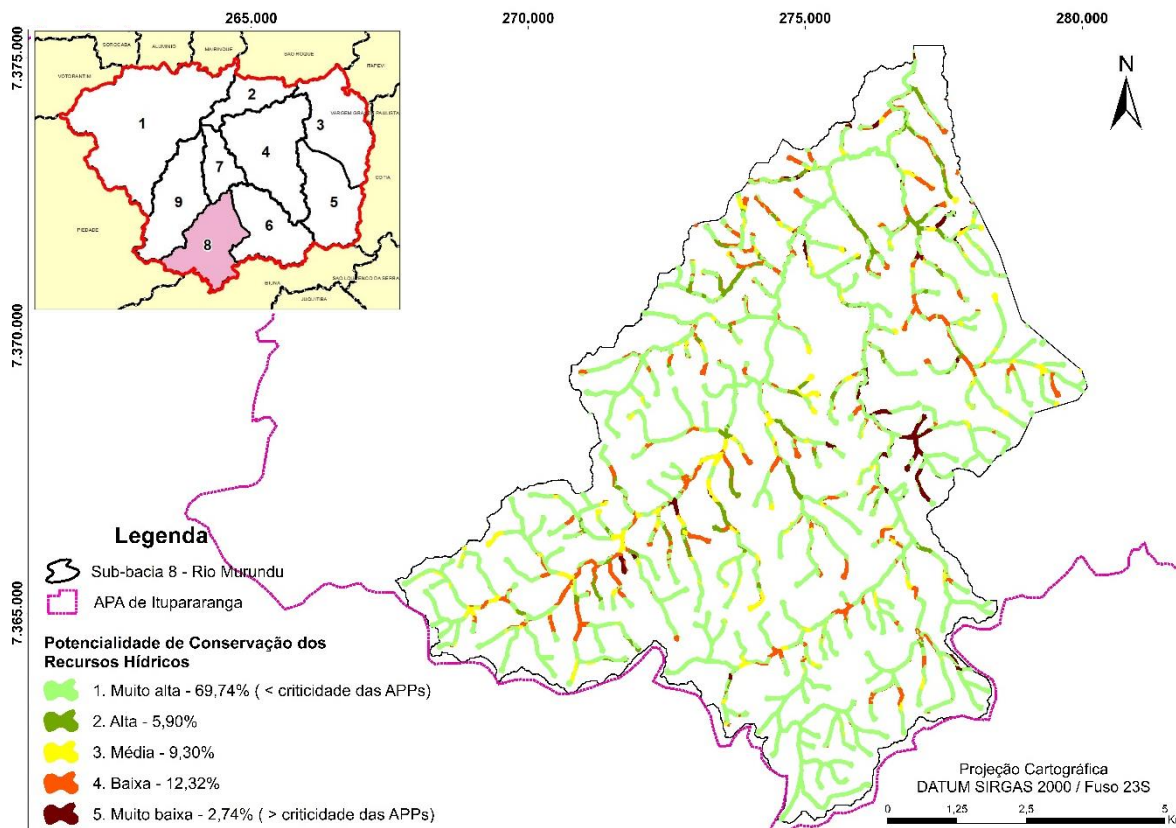
A Sub-bacia 7, Rio Sorocabaçu em sua porção noroeste (Figura 26), é a única que apresenta matriz estrutural da paisagem caracterizada como agrícola, conforme apresentado anteriormente, e, são, justamente nessas áreas, associadas às declividades correspondentes ao suave ondulado e ondulado, onde incidem as APPs classificadas com muito baixa (8,67%) e baixa (23,05%) potencialidade à conservação dos recursos hídricos, ou seja, de maior criticidade.

Figura 26 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 7, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



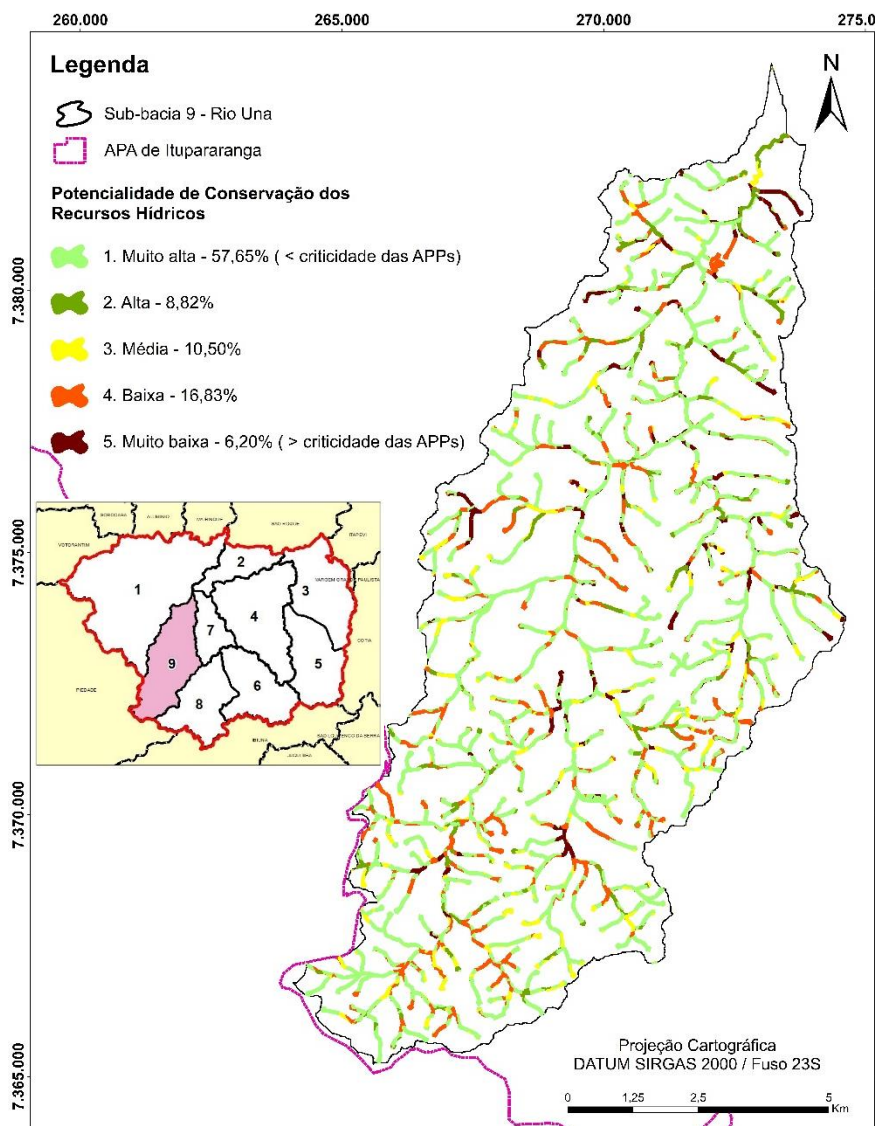
Aproximadamente 70% das APPs da Sub-bacia 8, referente ao Rio Murundu, é classificada com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos, consequência da matriz estrutural na paisagem que é composta em mais de 50% de sua totalidade por remanescentes florestais. As APPs com baixa (12,32%) e muito baixa (2,74%) potencialidade, ou seja, áreas de maior criticidade, incidem, principalmente, em áreas agrícolas, segunda maior classe mapeada nesta sub-bacia, e declividades entre 8 – 20% (ondulado) e 20 – 45% (forte -ondulado) (Figura 27).

Figura 27 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 8, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



A Sub-bacia 9, Rio Una, possui uma matriz estrutural da paisagem composta em maior área por remanescentes florestais, principalmente em declividades caracterizadas como forte-onduladas (20 – 45%), seguida por atividades agrícolas e ocupações humanas em declividades mais amenas (0 a 20%), e, como resultado dos cálculos da Álgebra de Mapas, 57,66% das APPs foram classificadas com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos; 8,82% com alta; 10,50% com média; 16,83% com baixa, e; 6,20% com muito baixa potencialidade, conforme Figura 28.

Figura 28 – Representação do cenário da paisagem das APPs na Sub-bacia 9, em relação à conservação dos recursos hídricos, através de Álgebra de Mapas.



A representação gráfica (Figura 29) evidencia a caracterização da paisagem nas APPs em cada sub-bacia da APA de Itupararanga, conforme a classificação da potencialidade à conservação dos recursos hídricos, obtida pelos cálculos da Álgebra de Mapas. Em todas as sub-bacias, a maior área das APPs foi classificada com potencialidade muito alta, representando, inclusive, mais de 50% da área total das APPs em 7 (sete) delas, sendo exceção apenas nas Sub-bacia 3 (Ribeirão Vargem Grande) e 7 (Rio Sorocabuçu NW). As APPs classificadas como alta e média potencialidade resultaram em percentuais de áreas semelhantes em cada sub-bacia, uma média de 11%.

As Sub-bacias 7 e 3 apresentam mais de 1/3 (um terço) de suas APPs classificadas como áreas de baixa e muito baixa potencialidade à conservação, caracterizando as áreas mais críticas aos recursos hídricos locais. A Sub-bacia 3, Rib. Vargem Grande, é a detentora das APPs com a maior área percentual classificada com baixa e muito baixa potencialidade, total de 37,23% e a Sub-bacia 7, Rio Sorocabuçu NW, apresenta 31,72% das APPs classificadas com baixa e muito baixa potencialidade.

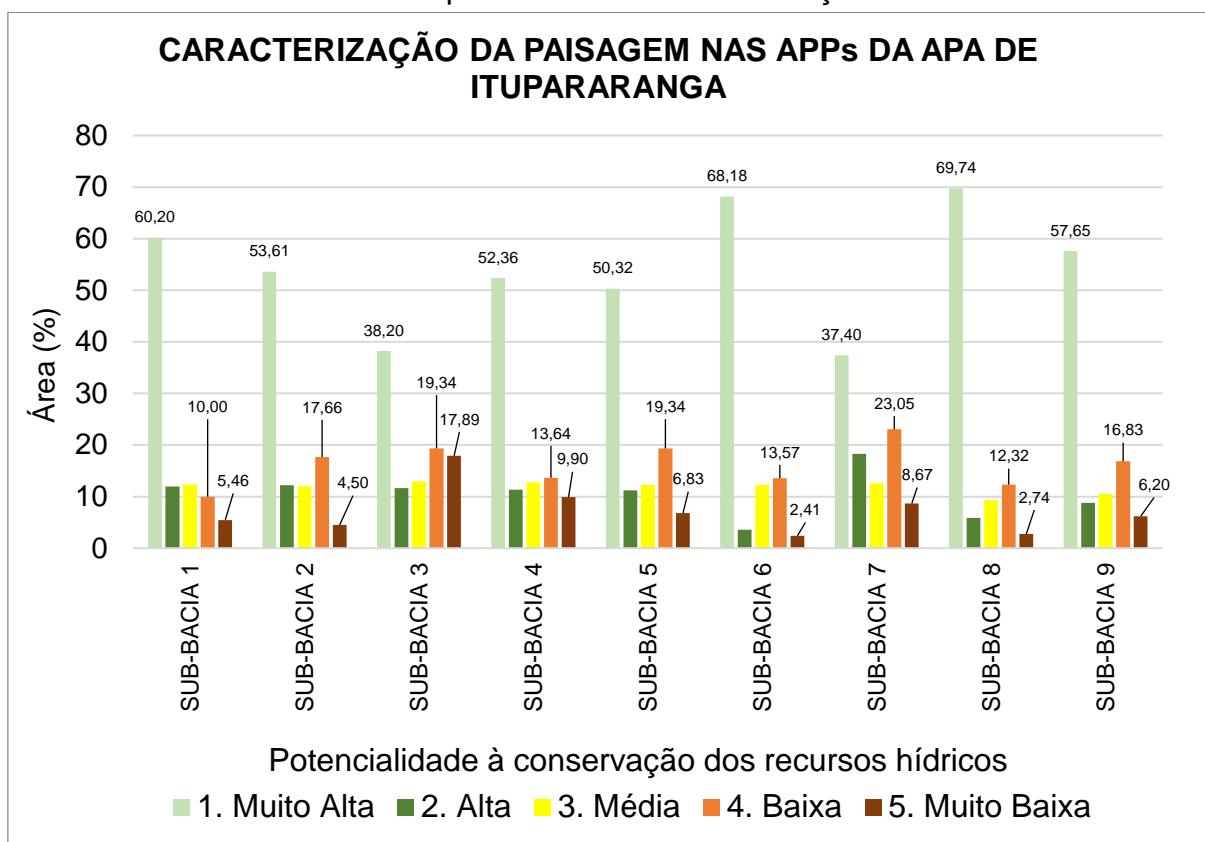
As Sub-bacias 6 (Sorocabuçu SE) e 8 (Murundu) apresentam as APPs com maior percentual de áreas (aproximadamente 70%) classificadas com muito alta potencialidade à conservação, e, o menor percentual de áreas (aproximadamente 2,5%) com muito baixa potencialidade.

As Sub-bacias 2 (Rib. Ponte Lavrada), 4 (Rio Sorocamirim NW), 5 (Rio Soromirim SE) e 9 (Rio Una), apresentam um arranjo similar nas condições da paisagem de suas APPs: percentual entre 50 e 58% de áreas das APPs classificadas com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos; entre 9 e 12% com alta potencialidade; 11 a 13% das APPs com média potencialidade; seguidas por uma elevação no percentual de áreas classificadas com baixa potencialidade (entre 14 e 19%), e; entre 5 a 10% de áreas consideradas com muito baixa.

E a Sub-bacia 1, referente a Represa Itupararanga, apresenta um arranjo da paisagem nas APPs que se assemelha às sub-bacias 2, 4, 5 e 9 nas áreas classificadas com alta, média e muito baixa potencialidade à conservação dos recursos hídricos, entretanto, apresenta percentuais que destoam nas áreas classificadas com muito alta e baixa potencialidade.

A Figura 29 possibilita a elucidação da amplitude dos conjuntos, neste caso, as sub-bacias da APA, que, segundo Silva (2002), consiste na diferença entre o maior e o menor elemento do conjunto, através da simples operação de subtração. As Sub-bacias 6 e 8 apresentam a maior amplitude de valores entre as classificações muito alta e muito baixa (> 65%), enquanto as Sub-bacias 3 e 7 apresentam a menor amplitude, sendo 20,31% e 28,73% respectivamente.

Figura 29 – Representação gráfica das áreas resultantes da Álgebra de Mapas nas APPs em cada sub-bacia da APA, ressaltando que a criticidade da paisagem aumenta conforme diminui a potencialidade à conservação dos recursos hídricos.

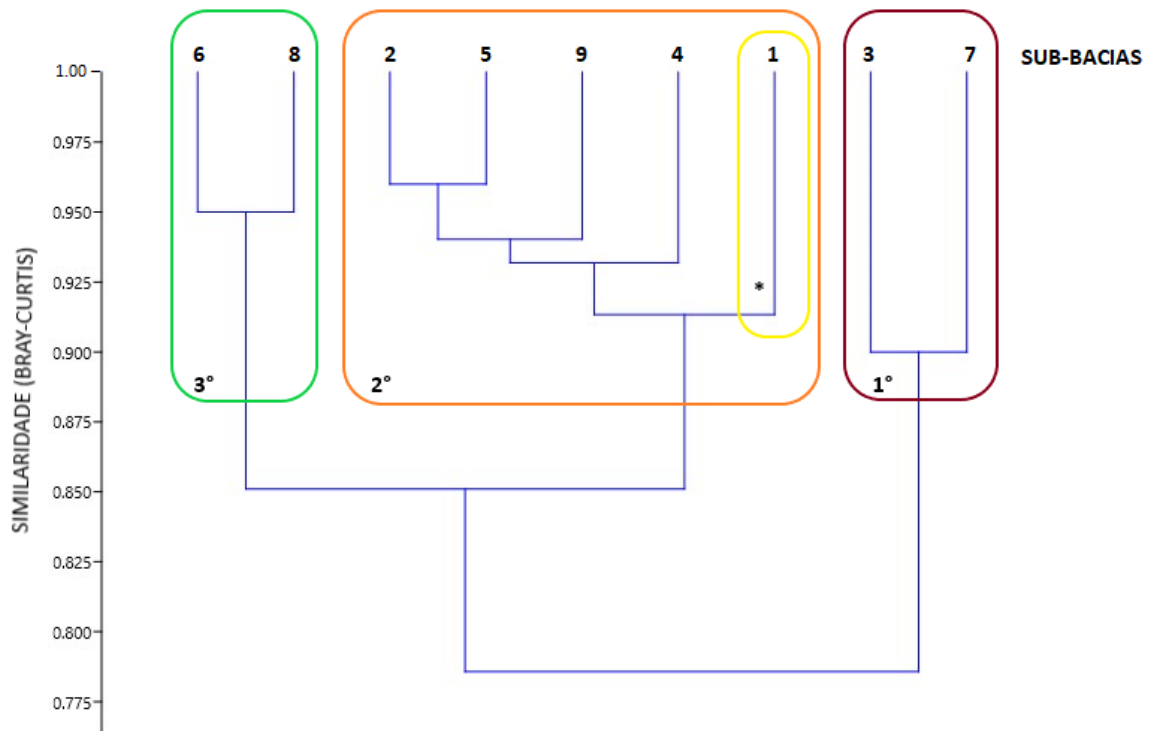


A plotagem dos dados (Figura 30) através do agrupamento pelo método de *clustering* hierárquico, facilitou a visualização e compreensão entre as similaridade e dissimilaridade entre as sub-bacias da APA de Itupararanga, no que tange a criticidade da paisagem em suas APPs à conservação dos recursos hídricos locais. Essa análise estatística exploratória resultou em 3 (três) *clusters* principais, em que:

- **1° cluster:** evidencia a similaridade entre as Sub-bacias 3 (Ribeirão Vargem Grande) e a 7 (Rio Sorocabuçu NW) e a dissimilaridade delas em relação às demais sub-bacias da APA;
- **2° cluster:** abrange a maior quantidade de sub-bacias com similaridades entre si, principalmente entre as Sub-bacias 2 (Ribeirão Ponte Lavrada) e a 5 (Rio Sorocamirim SE). Entretanto, é necessário atentar-se à Sub-bacia 1 (Represa Itupararanga), que, se apresenta como a mais dissimilar entre os elementos deste agrupamento;

- **3° cluster:** evidencia a similaridade entre as Sub-bacias 6 (Sorocabuçu SE) e 8 (Rio Murundu).

Figura 30 – Agrupamento das sub-bacias, em relação à potencialidade das APPs à conservação dos recursos hídricos, através de Clustering Hierárquico (Bray-Curtis).



6 DISCUSSÃO

A APA Itupararanga é considerada uma das áreas paulistas mais importantes à conservação recursos hídricos e biodiversidade, abrangendo relevantes remanescentes da Mata Atlântica (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010). Porém, mesmo sendo uma área protegida legalmente, sua classificação como sendo de uso sustentável, permitindo ocupações de usos mistos, pode caracterizar uma condição de zona de tensões de interesses e de fragilidades ambientais aos usos e coberturas da terra.

O arranjo espacial da paisagem da APA evidencia a heterogeneidade dos usos e coberturas da terra, que pode ser compreendido e associado à um processo de intenso retalhamento e fragmentação da paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009; FAHRIG, 2003). Mais de 30% do território da APA é coberto por fragmentos florestais, valor superior ao encontrado em outras áreas de incidência da Mata Atlântica na região, como os municípios de Salto de Pirapora (21,32%) e Sorocaba (16,68%) (PIRES, 2016; MELLO, 2012).

Nas premissas da Ecologia da Paisagem, estruturalmente a APA de Itupararanga apresenta relevante relação espacial entre os recursos hídricos e os fragmentos florestais, em todas as sub-bacias e principalmente nas áreas de APPs, justamente por ser a classe mapeada em maior quantidade de área em quase todas as sub-bacias e ponderada com potencialidade muito alta à conservação dos recursos hídricos na consulta aos profissionais e acadêmicos especialistas na temática.

As Sub-bacias 6 (Sorocabuçu SE) e 8 (Rio Murundu), que apresentam as APPs com paisagens em melhores condições de potencialidade à conservação dos recursos hídricos, incidem em zonas de conservação hídrica e à biodiversidade, conforme zoneamento aprovado no Plano de Manejo da APA de Itupararanga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010), podendo ressaltar o Zoneamento Ambiental como um importante instrumento ao ordenamento territorial local, em que as atividades humanas a desenvolvidas nessas zonas da APA provavelmente consideram também os aspectos ambientais e não somente os interesses econômicos e sociais (SANTOS e RANIERI, 2013).

O Rio Sorocabuçu, segundo estudos de Salles (2008), sobre a avaliação de impactos na bacia do Alto Sorocaba, constitui a sub-bacia em condições ambientais mais satisfatórias, com 50% dos pontos visitados em condições de impacto moderado, assim, como o Rio Murundu que apresenta a vegetação ciliar em boas condições de conservação, entretanto, com alguns pontos sendo alvo de despejo de esgoto local, podendo-se verificar a presença de resíduos sólidos e partículas flutuantes na água.

Conforme apresentado anteriormente, na caracterização dos usos e coberturas da terra da Sub-bacia 3 (Ribeirão Vargem Grande) e Sub-bacia 7 (Rio Sorocabuçu NW), o arranjo estrutural da paisagem e as suas definições no Zoneamento Ambiental no Plano de Manejo da APA como sendo áreas destinadas à ocupações e atividades diversificadas e à ocupações agrícolas, respectivamente, refletem nas condições da cobertura das APPs, que apresentaram os índices mais baixos e baixos em relação à potencialidade de conservação dos recursos hídricos, caracterizando áreas críticas e que demandariam uma atenção especial em relação aos vetores de pressão – atividades potencialmente poluidoras (indústrias), expansão urbana, expansão agrícola, supressão de vegetação, entre outras.

Salles (2008), em seus estudos, evidencia que o Ribeirão Vargem Grande constitui a sub-bacia em situação mais crítica em relação à Bacia do Alto Sorocaba, com a constatação do despejo do efluente *in natura* do município de Vargem Grande Paulista no curso hídrico, extensas áreas com ausência de vegetação ciliar, e grande quantidade de lixo distribuídos ao longo das margens, corroborando aos resultados desta pesquisa. Às águas dessa sub-bacia apresentam tendência de melhoria da qualidade conforme fluem à Represa Itupararanga, através do processo de reestabelecimento do equilíbrio natural ao longo do Rio Sorocamirim por seus parâmetros físicos e químicos, reforçando a necessidade de planos de recuperação ambiental às bacias hidrográficas (SALLES, 2008).

Estudos realizados por Taniwaki et al (2013) e Salles (2008) na APA de Itupararanga, evidenciam que, na área da Represa Itupararanga (Sub-bacia 1), a dinâmica do uso e ocupação da terra apresenta relações com as características qualitativas das águas, com interferências na qualidade principalmente onde incidem a prática agrícola, pouca vegetação ripária, solo exposto e processos de ocupação irregular às margens do reservatório. Assim, não só a vegetação de zona ripária, de

APP, deve ser alvo de ações de gestão e conservação ambiental, mas todos os usos e coberturas das bacias hidrográficas, como afirma Snyder et al. (2005).

Queiroz e Imai (2007), em seus estudos, também demonstra a observação das APPs no entorno da Represa Itupararanga e nos cursos hídricos que compõe essa bacia, com áreas de vegetação original suprimidas, principalmente Floresta Estadual Semidecidual, sendo substituída por pastagens, atividades agrícolas e áreas consolidadas urbanas e em processo de urbanização, ressaltando a presença de processos erosivos e consequente perdas de solo; assoreamento de canais, e; correlações entre alterações na qualidade da água em função do insumos agrícolas utilizados – pesticidas e fertilizados, lixiviados aos cursos d'água.

A declividade característica da APA, com relevos classificados de como planos, suave ondulados e ondulados em sua maior área, favorece o manejo e prática de atividades agrícolas, principalmente mecanizáveis, do plantio até a colheita (HOFIG e ARAUJO-JUNIOR, 2015), reforçando os percentuais significativos como uso agrícola nas sub-bacias, e, que, segundo Sato et. Al. (2013), são implantados por produtores locais sem prévias consultas ou análises sobre as consequências nas APPs por, em muitos casos, de desconhecimento da legislação vigente e desconsideração sobre a dinâmica ambiental da paisagem.

Estudos de Sgrott (2003), desenvolvidos em bacias hidrográficas no estado de Santa Catarina, ressaltam que o uso do território, indiscriminadamente, para atividades agropecuárias e de expansão dos núcleos urbanos, entre outros, está avançando nas APPs, ocasionando impactos estruturais nas em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, impossibilitando a verdadeira função da vegetação ripária – mata ciliar – de proteger os cursos hídricos, ou seja, desestruturando a dinâmica hidrológica local: estabilização do solo; diminuição do escoamento superficial da água; manutenção da biodiversidade; ciclagem de nutrientes, entre outros.

Observa-se uma dinâmica de consolidação das áreas urbanas, ocupações humanas e desenvolvimento de atividades agrícolas ao longo dos principais cursos hídricos das sub-bacias, reforçando uma prática milenar sobre o uso do recurso água ao desenvolvimento das populações (HIGA, 2022), e, são justamente nessas áreas em que as APPs foram classificadas com baixa e muito baixa potencialidade à conservação, demonstrando um padrão de criticidade.

Os resultados obtidos indicam a necessidade de especial atenção às áreas classificadas como de muito baixo e baixo potencial, ou seja, áreas consideradas críticas à conservação dos recursos hídricos (Sub-bacias 3 e 7), para, segundo Saunders et al. (1991), assegurar sua existência no decorrer dos anos, devendo ser alvos de medidas de restauração, que possibilitem a melhoria de suas estruturas, estabelecendo-os como efetivos elementos de conectividade entre fragmentos mais relevantes, além de garantir sua efetiva função à conservação dos recursos hídricos.

7 CONCLUSÃO

A caracterização do padrão estrutural da paisagem nas sub-bacias da APA de Itupararanga e nas coberturas das APPs apresentou fundamental relevância à análise da criticidade do arranjo espacial das APPs em relação à conservação dos recursos hídricos, evidenciando que mais de 1/3 (um terço) do território da APA é constituído por fragmentos de remanescentes florestais, e, em todas as sub-bacias, a maior área das APPs foi classificada com potencialidade muito alta, representando, inclusive, mais de 50% da área total das APPs em 7 (sete) delas, sendo exceção apenas nas Sub-bacia 3 (Ribeirão Vargem Grande) e 7 (Rio Sorocabuçu NW).

As sub-bacias 6 e 8 concentram as maiores áreas das APPs classificadas com muito alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos, principalmente por apresentarem as maiores áreas de APP com vegetação florestal e se encontrarem em zona já definida como prioritária à conservação dos recursos naturais pelo órgão gestor da APA.

Entretanto, as sub-bacias 3 e 7, localizadas em zona destinadas principalmente ao desenvolvimento de atividades diversificadas e agrícolas, respectivamente, apresentam as APPs em maior situação de criticidade, cobertas por uma paisagem fragmentadas entre usos agrícolas, áreas urbanas e ocupações humanas, especializada ao longo dos principais cursos hídricos que drenam essas bacias.

A análise multicriterial dos usos e coberturas e da declividade nas APPs das sub-bacias da APA de Itupararanga possibilitou a compreensão da situação e espacialização das áreas mais críticas à conservação dos recursos hídricos e à dinâmica hidrológica como um todo, que demandam de especial abordagem na elaboração e aplicação de estratégias conservacionistas, podendo se consolidar como um valioso instrumento ao planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos locais, principalmente ao considerar as dificuldades que os conselhos gestores das APAs encontram no ordenamento e gestão territorial dos diversificados e conflitantes usos diversificados em conformidade com o zoneamento ambiental em um território que abrange, em maioria, localidades com características econômicas muito distintas.

Entretanto, ressalta-se as dificuldades ao acesso de materiais cartográficos em escalas de detalhe, compatíveis à classificação dos Usos e Coberturas da Terra elaborada à área de estudo, além da lacuna de temporalidade entre a coleta e consolidação das bases cartográficas utilizadas e a finalização desta pesquisa, podendo caracterizar a representação de arranjos estruturais da paisagem nas APPs da APA de Itupararanga que não condizem com as reais condições atuais, principalmente frente aos eventos climáticos que a região sofreu no último ano (2021), acompanhados por uma intensa crise de gestão hídrica.

Nesse sentido, acredita-se no potencial da pesquisa elaborada principalmente à continuidade de pesquisas futuras na área, que objetivem a compreensão sobre as mudanças espaço-temporais das estruturais da paisagem local, podendo colaborar, também, aos estudos de avaliação da funcionalidade das paisagens, principalmente à conservação da biodiversidade (elementos de conectividade, dispersão e fluxos de espécies, condições quanti-qualitativas dos recursos hídricos e solos) em uma escala de detalhe.

REFERÊNCIAS

- AITH, F., & ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, 29(84), 2015,163-177. Recuperado de <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/104957>
- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v.35, p.257-84, 2004.
- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de Mapas e suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. INPE, São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 1999.
- BARNES, T. G. **Landscape Ecology and Ecosystems Management**. Cooperative Extension Service, Lexington, n. 76, p.1-8, 2000.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BENINI, R. de M.; MENDIONDO, E. M. Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.211-222, jun. 2015. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.103114>.
- BERRY, J.K. Cartographic Modeling: The Analytical Capabilities of GIS. In: GOODCHILD M.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. **Environmental Modeling with GIS**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 520p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.
- BEU, S.E., MISATO, M.T. e HAHN, C.M. APA de Itupararanga. In: SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) & Concessão de Rodovias CCR/Via Oeste. **Biodiversidade na APA de Itupararanga: Condições atuais e perspectivas futuras**. BEU, S.E.; SANTOS, A.C.A.; CASALI, S (Orgs.). 1ª ed. São Paulo: SMA/FF/UFSCar/CCR-Via Oeste, 2011. 152p.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. Cap. 2011. p. 71 a 117.
- BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro, RJ, 10 julho 1934. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm>. Acesso em: 05 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 08 janeiro 1997. Disponível em <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em 05 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF 18 julho 2000.. Disponível em < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acessado em: 10 jan. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em:
 <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BROWN, C. A; GRAHAM, W.J. Assessing the threat to life from dam failure. **Water Resources Bulletin** Vol.24 N. 6 December.1988. p 1303-1309.

BURROUGH, P.A. Spatial aspects of ecological data. In: JONGMAN, R.H.; ter BRAAK, C.J.F. & TONGEREN, O.F.R., eds. **Data analysis in community and landscape ecology**. Wageningen, Pudoc, 1987. p.213-251

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. **Revista Floresta** 2010; 40(4): 675-690.

CASATTI, L. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.31-4, 2010.

CHECCHIA, T. Influência da zona ripária sobre os recursos hídricos: aspectos quantitativos e qualitativos. 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais...** . Alfredo Wagner: PPGA, 2013. p. 87-101.

CICCO, V.; ARCOVA, F.C.S. 1999. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, no 56, p. 125-134.

CLASON, D.L.; DORMODY, T.J. (1994) Analyzing Data Measured by Individual Likert-Type Items. **Journal of Agricultural Education**, 35, 31-35.

CRAWFORD, G. e WILLIAMS, C. A note on the analysis of subjective judgment matrices. **European Journal of Operational Research**, 29, 387-405. 1985.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DALZOTTO, E.; CARNIATTO, I. Educação Ambiental: Atividades de percepção e instrução para a preservação de nascentes em áreas degradadas – Um desafio pra construção da Agenda 21 local. In: Seminário Internacional "Experiências de Agendas 21: Os Desafios do Nosso Tempo", 1. 2009, Ponta Grossa. **Anais...** . Ponta Grossa, 2009. v. 1, p. 1 - 10. Disponível em: <<https://bit.ly/2Hx7O71>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

DE BIASI, M.; CUNHA, K. B. (1983) Cartas de energia do relevo: sua confecção e utilização. **Boletim goiano de geografia**. Goiás, 3(1-2): 195-200.

DEFRIES, H. et al. Land use change around protected areas: management to balance human need and ecological function. **Ecological Applications**, Whashington, v. 17, n.4, p. 1031, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula...Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, 34, 2003. 487–515.

FORMAN, R. T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. Wiley & Sons Ed., New York. 1986.

FORMAN, R.T.T. E M. GODRON, Patches and structural components for a landscape ecology. **BioScience**, 1981, 31: 733-740.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Ituraparanga**. Aprovado pela Deliberação CONSEMA 16/2010, 2010. Disponível em < <http://fflorestal.sp.gov.br/pagina-inicial/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-apa-itupararanga/>>. Acessado em: 13 jan. 2020.

GERGEL, S. E. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Sciences**, [s.l.], v. 64, n. 2, p.118-128, jun. 2002. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-002-8060-2>.

HAINES-YOUNG R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. Landscape ecology and spatialinformation systems. In: **Landscape Ecology and GIS**. Taylor & Francis, 1993.

HERMANN, G. **Incorporando a teoria ao planejamento regional da conservação: a experiência do corredor ecológico da Mantiqueira**. Belo Horizonte. Valor Natural, 2011. 228 p.

HIGA, Carlos César. "Mesopotâmia"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historiag/mesopotamia.htm>. Acesso em 13 de março de 2022.

HINKEL, R.. Vegetação Ripária: Funções e Ecologia. In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais...** . Alfredo Wagner: PPGEA, 2013. p. 40 - 48.

HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no Estado do Paraná. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 195 - 203, abr./jun. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções básicas de cartografia I**. Departamento de Cartografia. -Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 130 p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n.8)

JACOB, A. D. Zonas Ripárias: Relações com a fauna silvestre. In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, 1., 2003, Alfredo Wagner. **Anais...** . Alfredo Wagner: PPGEA, 2013. p. 112-120.

KASZMAR, I.; GONÇALVES, B.. Técnicas De Agrupamento Clustering. 2011. Disponível em: http://www.ibci.com.br/20Clustering_Agrupamento.pdf. Acesso em: 19 jan. 2022.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423 p. Tradução de: Hermann Kux.

LIMA, W. de P.; FERRAZ, S. F. de B.; FERRAZ, K. M. P. M. **Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica**. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Ed.) Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p.215-44.

MANFREDINI, F.N. **Aplicação da legislação ambiental na valoração econômica dos serviços ambientais na Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2018.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1986. 253p.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.141, n.3, p.2184-92, 2008.

MARTINES, R.M Geográficas: **O Processo Analítico Hierárquico e o Modelo Booleano Ponderativo, aplicado no diagnóstico ambiental do município de Itirapina**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2005.

MARTINES, R.M.; MACHADO, R.P.P; TOPPA, R.H. Uso de inferência geográfica aplicada ao diagnóstico ambiental como subsídio para a tomada de decisão. In: **Ciências ambientais : diagnósticos ambientais** [livro eletrônico] / organizadores CARMINO HAYASHI, DIEGO DE SOUZA SARDINHA, PAULO AUGUSTO ZAITUNE PAMPLIN. -- 1. ed. -- Ribeirão Preto, SP: Carmino Hayashi, 2020.

MELLO, K. **Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação**. Dissertação de Mestrado - Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação. 2012. 82p.

MENDONÇA, F. A. (Org.). **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004. 328 p.

MESSERLI, B. & P. MESSERLI. Wirtschaftliche Entwicklung und ökologische Belastbarkeit im Berggebiet (MAB Schweiz). **Geographica Helvetica**, 33, 203-10, 1979.

METZ, J. **Interpretação de clusters gerados por algoritmos de clustering hierárquico**. 2006. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v.8, n.1, p.92-9, 2010.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Revista Biota Neotrópica**. 2001. Disponível em <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?temathicreview+BN00701122001>>. Acesso em: 13 fev 2020.

METZGER, J.P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v.4, n.2, p.11-23, 2006.

MORAES, M. E. B. et al. Análise da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BA) com base na fragmentação da vegetação. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 13, n. 41, p. 159-169, 2012.

NAIMAN, R. J.; BILBY, R. E.; BISSON, P. A. Riparian Ecology and Management in the Pacific Coastal Rain Forest. **BioScience**, v.50, n.11, p.996-1011, 2000.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape ecology: theory and application**. Springer-Verlag, New York. 1994.

NEFF, E. **Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre**. VEB Hermann Haak, Gotha/Leipzig, 1967.

NRCS Riparian Forest Buffer. Seattle: **USDA-NRCS-Watershed Science Institute**, 1997. Disponível em <
<https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/national/home/>> Acesso em 12 dez. 2020)

OLIVEIRA FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M & GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasil Bot.**, v. 17, nº1, 1994, p 67 – 85.

OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre a Obtenção de Vetores de prioridade no AHP. In: **ENCUENTRO NACIONAL DE DOCENTES**, 1., 2008, Posadas. Anais... . Posadas: Epio, 2008. p. 1 - 10.

OLIVEIRA, R.R. de. "**Moda, média e mediana**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/matematica/moda-media-mediana.htm>. Acesso em 01 de abril de 2022.

OMETO, J. P. H. B. et al. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v.44, p.327-337, 2000.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, São Carlos, v. 19, n. 10, p. 4-45, 1995.

PIRES, V. R. O. **Análise da paisagem do município de Salto de Pirapora, SP como subsídio para planejamento ambiental**. Dissertação: Programas de Pós-Graduação Sustentabilidade na Gestão Ambiental (PPGSGA-So). UFSCar, 2016. Disponível em <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8527>>. Acesso em 15 maio 2020.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**, Editora Planta, Londrina, 2001, 327p.

QUEIROZ, R.P.; IMAI, N. N. Mapeamento das atividades antrópicas na área de entorno do reservatório de Itupararanga – SP: uma abordagem baseada na diminuição gradativa do grau de complexidade da cena interpretada. In: **ANAIS XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1039-1045-

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G.; BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 2. ed. **rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS**. 57p. 1983

RODRIGUES, R. R.; BONONI, V. L. R. (Org.) **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. 248p.

RODRIGUES, R.R., A Vegetação de Piracicaba e Municípios do entorno. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Circular Técnica n. 189**. 1999.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. V.8, 1994.

RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**.v.1, n.1, p.28-35, 2005.

SAATY, T. L. Multicriteria Decision Making – **The Analytical Hierarchical Process**. RWS Publications, Pittsburg, 1992.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, New York, v. 15, p. 234-281, 1977.

SAITO, N.S. et al. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.201-210, 23 fev. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.119814>.

SALLES, M. H. D.; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELUCCI, V. A.; SIA, R.; PEDRAZZI, F. J. M., CARRA, T. A.; MONTEIRO, G. F; SARDINHA, D.S.; NAVARRO, G. R. B. Avaliação simplificada de impactos ambientais na Bacia do Alto Sorocaba (SP). REA – **Revista de estudos ambientais**. v.10, n. 1, p. 6-20, jan./jun. 2008.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei Estadual nº 10.100, de 01 de dezembro de 1998. **Declara Área de Proteção Ambiental o entorno da represa de Itupararanga**. Alterada pela Lei Estadual nº 11.579, de 01 de dezembro de 2003.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, v.5, n.1, 1991. p.18-32. SGROTT, E. **Fitossociologia da Zona Ripária no Estado de Santa Catarina**. , 2003.

SILVA, J. A. A. et al. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo**. 2.ed. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC, 2012. 294p.

SILVA, W.G., METZGER, J.P., SIMÕES, S. & SIMONETTI, C. 2007. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology** 67:631-637.

SIQUEIRA, M.N., CASTRO, S.S., FARIA, K.M.S. Geografia e Ecologia da Paisagem: Pontos para discussão. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (3): 557-566, set/dez/2013.

SNYDER, M. N.; GOETZ, S. J.; WRIGHT, R. K. Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: Impervious area, forest buffers and landscape configuration. **Journal of the American Resources Association**, v.41, n.3, p.659-677, 2005.

SOFIATI, A. Água e Turismo. Caderno Virtual **de Turismo**, Rio de Janeiro, vol. 3, núm. 3, p. 14-17, 2003.

SOPPER, W.E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of environmental quality**, v. 4, no 1, 1975. p.24-29.

TAMBOSI, L. R., VIDAL, M. M., FERRAZ, S. F. B., METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 29, n. 84, p.151-162, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200010>.

TANIWAKI, R. H.; ROSA, A. H.; LIMA, R.; MARUYAMA, C. R.; SECCHIN, L. F.; CALIJURI, M. do C. et al. A influência do uso e ocupação do solo na qualidade e genotoxicidade da água no reservatório de Itapararanga, São Paulo, Brasil. **Interciência**, v. 38, n. 3, p. 164-170, 2013.

TOMLIN, D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. Prentice Hall, New York, 1990.

TOPPA, R. H. **Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de Cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**. 2004. 127f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) -. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia – ciência e aplicação**. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre. 2000.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem Urbana 5** - ABRH. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.67-75, 2010.

TUNDISI, J.G. **Ecologia Teórica**. Slides de estudo da disciplina Ecologia Teórica, PPGQA/FEEVALE, Novo Hamburgo, 6 a 10 jun. 2011. CD-Rom.

TURNER, M.G. Spatial simulation of landscape changes. In **Georgia: a comparison of 3 transition models**. Landscape Ecology. 1: 27-39. 1987.

VERIATO, M. K. L. et al. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 5, p.17-22, dez. 2005. Trimestral. Disponível em: <<https://bit.ly/2JsQGQf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

VIANA, M. Conservação da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas. In: **Abordagens interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo**. Belo Horizonte/Gainesville: Conservation International do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais/ University of Florida, p. 135-154. 1995.

WIENS, J. A. Landscape ecology as a foundation for sustainable conservation. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v.24, p.1053-1065, 2009.