

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – *CAMPUS* SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Andressa Fernanda Cordeiro de Souza

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL
COMO MEDIDA CONSERVACIONISTA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Sorocaba – SP

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – *CAMPUS* SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Andressa Fernanda Cordeiro de Souza

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RESTAURAÇÃO FLORESTAL
COMO MEDIDA CONSERVACIONISTA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGeo) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), para obtenção do título de Mestra em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Roberto Martines

Sorocaba – SP

2023

Souza, Andressa Fernanda Cordeiro de

AVALIAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
RESTAURAÇÃO FLORESTAL COMO MEDIDA
CONSERVACIONISTA DOS RECURSOS HÍDRICOS /
Andressa Fernanda Cordeiro de Souza -- 2023.
130f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Prof. Dr. Marcos Roberto Martines
Banca Examinadora: Prof^a Dr^a Kelly Cristina Tonello,
Prof. Dr. Ricardo Vicente Ferreira
Bibliografia

1. Recursos hídricos. 2. Conservação. 3. Fragilidade
Ambiental. I. Souza, Andressa Fernanda Cordeiro 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 do candidato Andressa Fernanda Cordeiro de Souza, realizada em 08/05/2023.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Marcos Roberto Martines (UFSCar)

Profa. Dra. Kelly Cristina Tonello (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

Primeiramente gostaria de agradecer minhas companheiras, amigas e parceiras de vida que semearam, regaram e colhem comigo este fruto, este trabalho. Fernanda, Larissa, Carol, Demile e Élide, obrigada pelos incentivos, pelo carinho, pela potência e esperança. Este trabalho também é de vocês.

Meu respeito, admiração e eterna gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Roberto Martines. Meus agradecimentos pelos ensinamentos, pela disponibilidade e paciência, por acreditar em mim, me apoiar e confiar no meu potencial mesmo nos momentos mais difíceis deste processo. As contribuições acadêmicas foram fundamentais para a construção desta estudante e que aqui se consolida pesquisadora. A amizade e o carinho serão eternizados e guardados com muito afeto, para além de todas as etapas do delinear da pesquisa.

Ao meu companheiro, Bruno Rafael, pela inspiração nos estudos e exemplo de dedicação e entusiasmo científico. Gratidão pela resignação em dias de dedicação exclusiva aos estudos, pelo companheirismo e trocas afetivas em todos os momentos. Gratidão pelo incentivo e pelo cuidado em todos os detalhes da vida acadêmica e pessoal.

À minha família, pelo cuidado e respeito. Por serem impulso para continuidade desta caminhada acadêmica, rompendo estruturas pré-determinadas, trilhando novos caminhos e possibilitando outras perspectivas para futuras gerações da nossa família.

Agradeço aos colegas de curso e aos amigos que direta e indiretamente contribuíram no trilhar desta caminhada, cada um à sua forma, que me inspiraram, incentivaram e emanaram energias positivas para continuar esta pesquisa e hoje celebram comigo este resultado.

Eu, como resultado da educação pública, desde o ensino básico ao universitário, e de programas sociais que possibilitam o acesso e a permanência, celebro a Educação Pública, Gratuita e de Qualidade!

Meus agradecimentos, a todos os envolvidos, por esta Conquista!

RESUMO

DE SOUZA, Andressa Fernanda Cordeiro. Avaliação de áreas prioritárias para restauração florestal como medida conservacionista dos recursos hídricos. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

O cenário atual da demanda por água para abastecimento reforça a iminente necessidade da gestão responsável dos recursos hídricos, visando o tratamento adequado e disponibilidade eficiente para a distribuição de qualidade para a população e as demais atividades que demandam do recurso. A conservação dos recursos hídricos pressupõe análise da interação e a unidade funcional entre o elemento água e os demais elementos da paisagem como a vegetação e o solo, assim como uma análise integrada da dinâmica espacial da cobertura vegetal e usos da terra. Este trabalho visa estabelecer um diagnóstico ambiental a partir da elaboração de mapa síntese de criticidade de Capela do Alto/SP. Foi utilizada a técnica do Método Booleano Ponderativo, fundamentado na análise da paisagem nas APPs em cada sub-bacia do município, de modo a avaliar as áreas prioritárias para recuperação florestal como medida conservacionista dos recursos hídricos. A análise dos usos da terra evidenciou que o município apresenta 1/3 de seu território com predomínio da classificação campo limpo (39%), seguido das classificações mata (20%) e solo exposto (14%). Os usos da terra na delimitação da APP da hidrografia apresentam predominância de mata (41%) e campo limpo (34%). O diagnóstico da fragilidade ambiental baseou-se na correlação de quatro fatores de análise: cobertura vegetal e usos da terra, zoneamento da APP da hidrografia, modelos de declividade e tipos de solo, sendo observado que 80% de todas as 10 sub-bacias têm ao menos mais de 50% de sua área delimitada classificada como alta e muito alta fragilidade ambiental em relação ao potencial conservacionista dos recursos hídricos. A validação dos dados evidencia que os grupos das sub-bacias representam conjuntos diferentes entre si e, portanto, necessária avaliação das áreas prioritárias a partir da correlação integrada dos fatores (físicos, sociais, econômicos e ambientais), bem como é válido para uma tomada de decisão como unidades distintas.

Palavras-chave: Recursos hídricos; Conservação, Fragilidade Ambiental; Planejamento.

ABSTRACT

DE SOUZA, Andressa Fernanda Cordeiro. Assessment of priority areas for forest restoration as a measure for the conservation of water resources. 2023. Dissertation (Master's degree in Geography). Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2023.

The current scenario of demand for water for supply reinforces the imminent need for responsible management of water resources, aiming at adequate treatment and efficient availability for quality distribution to the population and other activities that demand the resource in society. The conservation of water resources presupposes an analysis of the interaction and functional unity between the water element and the other elements of the landscape, such as vegetation and soil, as well as an integrated analysis of the spatial dynamics of vegetation cover and land uses. This work aims to establish an environmental diagnosis based on the elaboration of a synthesis map of criticality of Capela do Alto/SP. The Ponderative Boolean Method technique was used, based on the analysis of the landscape in the APPs in each sub-basin of the municipality, in order to evaluate the priority areas for forest recovery as a conservationist measure of water resources. The analysis of land uses showed that the municipality has 1/3 of its territory with a predominance of the clean field classification (39%), followed by the forest classification (20%) and exposed soil (14%). The land uses in the hydrographic APP delimitation show predominance of forest (41%) and clean field (34%). The diagnosis of environmental fragility was based on the correlation of four analysis factors: vegetation cover and land use, hydrographic APP zoning, slope models and soil types, observing that 80% of all 10 sub-basins have at least more than 50% of its delimited area classified as high and very high environmental fragility in relation to the conservationist potential of water resources. Data validation shows that the groups of sub-basins represent different sets among themselves and, therefore, it is necessary to evaluate the priority areas based on the integrated correlation of factors (physical, social, economic and environmental), as well as being valid for a decision making as separate units.

Keywords: Water Resources; Conservation; Environmental Fragility; Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Capela do Alto/SP	27
Figura 2. Modelo MDE de Capela do Alto/SP.....	28
Figura 3. Curvas de Nível de Capela do Alto/SP.....	28
Figura 4. Modelo hipsométrico de Capela do Alto/SP.....	30
Figura 5. Delimitação da Bacia Hidrográfica Sorocaba – Médio Tietê	36
Figura 6. Sub-regiões da Região Metropolitana de Sorocaba	36
Figura 7. Modelo de Relevo Sombreado de Capela do Alto.....	43
Figura 8. Usos da terra no município de Capela do Alto/SP.....	46
Figura 9. Delimitação da Hidrografia de Capela do Alto/SP	51
Figura 10. Delimitação das sub-bacias de Capela do Alto/SP	51
Figura 11. Delimitação da APP de Capela do Alto/SP	53
<i>Figura 12. Diagrama da proposta metodológica para inferência geográfica, Segundo Xavier (2001)</i>	56
Figura 13. Exemplo de padronização de mapa vetorial para matricial	58
Figura 14. Modelo do formulário aplicado aos especialistas.....	60
Figura 15. Declividade de Capela do Alto/SP.....	61
Figura 16. Modelo pedológico de Capela do Alto/SP.....	61
Figura 17. Zoneamento da influência da hidrografia	62
Figura 18. Fragmentos florestais no município de Capela do Alto.....	63
Figura 19. Modelagem de dados para o zoneamento da influência da hidrografia.....	63
<i>Figura 20. Álgebra aplicada no Modelo Booleano Ponderativo</i>	66
Figura 21. Histograma da distribuição do modelo numérico da fragilidade ambiental	67
Figura 22. Classificação dos usos da terra no município de Capela do Alto/SP.....	72
Figura 23. Classificação dos Usos da Terra na APP de Capela do Alto/SP.....	77
Figura 24. Modelo numérico sintético expresso em classes de fragilidade ambiental para o município de Capela do Alto.....	81
Figura 25. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 01	83
Figura 26. Modelo fragilidade ambiental para a sub-bacia 02	85
Figura 27. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 03	87
Figura 28. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 04	89
Figura 29. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 05	91
Figura 30. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 06	93
Figura 31. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 07	95
Figura 32. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 08	97
Figura 33. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 09	99
Figura 34. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 10	101
Figura 35. Clustering aplicado aos componentes de usos da terra de Capela do Alto/SP	104
Figura 36. Análise PCA dos componentes de usos da terra de Capela do Alto/SP	105
Figura 37. Clustering aplicado aos componentes de usos da terra da APP de Capela do Alto/SP	106
Figura 38. Análise PCA aplicada aos componentes de usos da terra da APP.....	107
<i>Figura 39. Sistematização do Intervalo de Confiança das sub-bacias (95% IC).....</i>	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de Saneamento Básico de Capela do Alto/SP (SNIS 2021)	32
Tabela 2. Produto Interno Bruto de Capela do Alto	33
Tabela 3. Área agropecuária e atividades do município de Capela do Alto/SP	34
Tabela 4. Sub-regiões da Região Metropolitana de Sorocaba.....	35
Tabela 5. Classificação usos da terra de Capela do Alto/SP	45
Tabela 6. Planos de Informação utilizados no Banco de Dados Geográficos - BDG	54
Tabela 7. Avaliação qualitativa/quantitativa das variáveis ambientais	64
Tabela 8. Distribuição de normalidade através da aplicação do teste Shapiro-Wilk.....	70
Tabela 9. Homogeneidade da variâncias através da aplicação do teste Levene.....	70
Tabela 10. Estatísticas descritivas da criticidade ambiental das sub-bacias de Capela do Alto.....	70
Tabela 11. Classificação dos usos da terra no município de Capela do Alto	73
Tabela 12. Classificação dos usos da terra nas sub-bacias do município de Capela do Alto.....	75
Tabela 13. Distribuição dos usos da terra na delimitação da APP da hidrografia.....	78
Tabela 14. Classificação dos usos da terra na delimitação de APP nas sub-bacias do município de Capela do Alto.....	80
Tabela 15. Classificação das áreas (Km ²) de Capela do Alto/SP em fragilidade ambiental	82
Tabela 16. Classificação da fragilidade ambiental do município de Capela do Alto/SP	82
Tabela 17. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 01 em fragilidade ambiental.....	84
Tabela 18. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 01	84
Tabela 19. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 02 em fragilidade ambiental.....	86
Tabela 20. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 02	86
Tabela 21. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 03 em fragilidade ambiental.....	88
Tabela 22. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 03	88
Tabela 23. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 04 em fragilidade ambiental.....	90
Tabela 24. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 04	90
Tabela 25. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 05 em fragilidade ambiental.....	92
Tabela 26. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 05	92
Tabela 27. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 06 em fragilidade ambiental.....	94
Tabela 28. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 06	94
Tabela 29. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 07 em fragilidade ambiental.....	96
Tabela 30. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 07	96
Tabela 31. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 08 em fragilidade ambiental.....	98
Tabela 32. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 08	98
Tabela 33. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 09 em fragilidade ambiental.....	100
Tabela 34. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 09	100
Tabela 35. Classificação das áreas (Km ²) Sub-bacia 10 em fragilidade ambiental.....	102
Tabela 36. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 10	102
Tabela 37. Sistematização dos dados de criticidade para as sub-bacias.....	103
Tabela 38. Matrix de autovalor e variância	104
Tabela 39. Matrix de autovalor e variância para a APP.....	106
Tabela 40. Análise de Variância através da aplicação do teste ANOVA.....	108
Tabela 41. Teste post-hoc de Tukey (95% IC).....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo dos estudos selecionados à Revisão Sistêmica	22
Quadro 2. Chave de Interpretação para classificação manual dos usos da terra em Capela do Alto – SP	47
Quadro 3. Padronização dos Mapas para o Modelo Numérico.....	64

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1. Portal de Entrada de Capela do Alto	26
Imagem 2. Prefeitura de Capela do Alto	26
Imagem 3. Posto de distribuição da SABESP localizado na região central	26
Imagem 4. Vista panorâmica dos campos de plantação	38
Imagem 5. Vista panorâmica de Capela do Alto	38
Imagem 6. Vista panorâmica com a Flona ao fundo	38
Imagem 7 e 8. Ruas e edificações da região central de Capela do Alto	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estruturação das classes de usos da terra de Capela do Alto/SP.....	74
Gráfico 2. Conjunto com a classificação dos usos da terra por sub-bacias	74
Gráfico 3. Disposição das classes de usos da terra na APP da hidrografia	78
Gráfico 4. Conjunto com a classificação dos usos da terra na delimitação da APP por sub-bacias	79
Gráfico 5. Representação das áreas resultantes da Álgebra de Mapas por sub-bacia de Capela do Alto/SP	103

SIGLAS

APP – Área de Proteção Permanente

FLONA – Floresta Nacional de Ipanema

MDE – Modelo Digital de Elevação

PCA – Análise de Principais Componentes

PI – Plano de Informação

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos.....	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Breve Revisão Sistemática da Literatura.....	21
3.2	Revisão Bibliográfica.....	23
3.3	Área de Estudo	23
3.3.1	Critérios para definição da área de estudo	23
3.3.2	Caracterização da área de estudo	25
3.3.3	Trabalho de Campo	37
3.4	Elaboração do Banco de Dados Geográficos	39
3.5	Elaboração de Mapas Topográficos de Análise	41
3.6	Cobertura e Usos da Terra, classificação e chave de interpretação.....	44
3.7	Delimitação da Hidrografia e Sub-Bacias	50
3.8	Delimitação e definição da Cobertura e Usos da Terra na APP de Capela do Alto	52
3.9	Elaboração do diagnóstico ambiental e modelo síntese de criticidade.....	54
3.9.1	Elaboração do Banco de Dados Geográficos	54
3.9.2	Inferência Geográfica	57
3.9.3	Padronização dos Mapas Temáticos	58
3.9.4	O Modelo Booleano Ponderativo e Execução da Álgebra de Mapas	65
3.9.5	Análise da paisagem	67
3.10	Análise dos Dados.....	67
4	RESULTADOS	71
5	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

1 INTRODUÇÃO

A demanda de água para abastecimento é necessidade que nos últimos anos vêm se agravando e exigindo um melhor acompanhamento e planejamento responsáveis por parte do Poder Público, visando o tratamento adequado e disponibilidade eficiente para a distribuição de qualidade para a população e demais atividades: as comerciais, industriais, agricultura etc.

Neste sentido, sendo a água um recurso renovável, disponível no meio ambiente e em constante movimento, é objeto de estudos e pesquisas em diversos setores, e, portanto, parte importante de uma crescente preocupação das instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no Brasil, principalmente no que diz respeito à proteção e ao uso responsável e sustentável (MONTEIRO, 2003; NARDINI, 2009).

A conservação dos recursos hídricos demanda uma análise da interação e a unidade funcional entre o elemento água e os demais elementos da paisagem como a vegetação e o solo, sendo que a vegetação, especificamente, constitui fundamental relevância à infiltração e escoamento das águas pluviais nas bacias hidrográficas, sendo, pois, a sua falta associada a diversos impactos ambientais urbanos e rurais (TUCCI, 1995; BOTELHO & SILVA, 2004).

Para Lima (1986 *apud* TONELLO, 2005), as características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo etc., e o tipo de cobertura vegetal existente são elementos importantes de análise para definição do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, de modo que características físicas e bióticas possuem papel fundamental nos processos do ciclo hidrológico, influenciando a infiltração, quantidade de água produzida, escoamento superficial e subsuperficiais etc., devendo-se, ainda, incorporar ao conjunto de análise as ações antrópicas.

A cobertura vegetal possui papel fundamental na proteção e manutenção dos sistemas hídricos – matas ciliares – nas Áreas de Proteção Permanente (APPs). Neste pressuposto, possui funções imprescindíveis, como a melhor retenção e infiltração de água em bacias hidrográficas, reduzindo a ação erosiva no solo e alimentando os mananciais subterrâneos; em contraponto, a supressão da vegetação pode estar associada ao assoreamento de rios e córregos e à erosão dos solos, assim como associado às inundações e aos deslizamentos no período das estações chuvosas e às secas severas nos períodos de estiagem (ROSA *et. al.*, 2014).

Ainda neste sentido, o intenso processo antrópico de fragmentação florestal e, por vezes, degradação ambiental, assim como os usos e ocupação (desordenados) da terra, podem expor falta de conhecimento adequado e descaso do poder público na responsabilidade do planejamento urbano, o que pode contribuir com significantes alterações nos ecossistemas, como a redução e perda de habitats, desequilíbrio no regime hídrico e microclimas, e induzir processos superficiais como a instabilidade de encostas, processos erosivos de cursos fluviais, degradação quali-quantitativa hídrica, entre outros fatores (ALVES & FERREIRA, 2016).

Para Lang & Blaschke (2009) as estruturas da paisagem são fortemente formadas e alteradas pelo homem, percebendo, portanto, o homem como parte do sistema e não como instância externa, o qual conforma o seu habitat sob responsabilidade própria e não por instinto, de modo que a análise a partir dos usos da terra associados aos demais elementos naturais, econômicos e sociais enquanto processos possam ser analisados na sua integração, totalidade e complexidade (LANG & BLASCHKE, 2009; SOUZA & ARRUDA, 2019).

Considerando o processo de formação e construção das cidades urbanizadas, pensando de forma integrada, a partir de conceitos teóricos e práticos de uma análise da paisagem e do sistema de drenagem associado ao meio urbano, assim como a conceituação inicial e primordial do conhecimento do sistema hidrológico e suas fases cíclicas em ambiente natural, ressalta que nas áreas urbanas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação de rios, que acabam por demandar especial atenção nas possíveis consequências decorrentes destes processos (BOTELHO, 2011).

A ocupação urbana apresenta consequências complexas, tanto de caráter social quanto ambiental, com base nisto, é importante destacar a reflexão a respeito das intervenções antrópicas nos cursos d'água, numa abordagem do uso dos recursos hídricos para atendimento das necessidades humanas diante da demanda e crescimento populacional e concentração em determinadas porções do território (UTIMURA, 2010; BOTELHO, 2011).

Neste contexto, são diversos os desafios em (re)pensar os usos da terra e projetos políticos, como o que Botelho afirma como a necessidade de *“adoção de novos paradigmas, novos conceitos, novas visões que garantam o melhor funcionamento das bacias de drenagem, de modo a combater e prevenir problemas ambientais, notadamente as enchentes e a degradação dos corpos hídricos.”* (BOTELHO 2011, p. 93).

É necessário considerar que todo o sistema de drenagem e rede de bacias hidrográficas está interligado, de modo que assim como os problemas, as decisões e soluções mitigatórias são ações que visam refletir em todo um sistema e não isoladamente, necessitando de uma gestão integrada para as complexas determinações (BASSO & NERY, 2017).

Botelho (2011) destaca, também, que são medidas que, apesar de limitações que precisam ser muito bem estudadas de modo integrado, é possível implementar ações que minimizem os impactos ambientais negativos e propiciem a revalorização dos rios urbanos, como consequência positiva para todos.

Considerando as diversas fases que compõe o processo de planejamento, a etapa do diagnóstico ambiental é fase fundamental para a compreensão das dinâmicas e relações ambientais de delimitada área de estudo. O conceito de inferência geográfica pode auxiliar na compreensão dessas dinâmicas, haja vista que possibilita adicionar novas informações espaciais com base em dados pré-existentes, expressos por meio de mapas temáticos que representam elementos da paisagem, bem como a necessidade de se estabelecer uma base de procedimentos para que os produtos do diagnóstico estejam contemplados por uma visão integrada das condições físicas, bióticas e socioeconômicas, o que se traduz, portanto, num incremento semântico importante no processo de tomada de decisão (MARTINES *et al.*, 2020)

O Estado de São Paulo passou e continua passando por algumas crises hídricas e de abastecimento nos últimos anos, sendo uma das mais críticas durante o verão de 2013/2014, classificada como a estação excepcionalmente seca e com término exageradamente adiantado da estação chuvosa. Embora tenha sido um período diferenciado, porém não classificado incomum quando comparado à série histórica com o mais recente episódio de seca observado no ano de 2001 (COELHO *et al.*, 2016).

No que concerne à gestão de abastecimento público, importante destacar que vários fatores contribuem para instalação de crises hídricas que vão além da dinâmica das precipitações e das anomalias climáticas, ou seja, também deve ser considerada a questão da qualidade da água e a demanda por melhorias nos índices, seja para consumo humano, vida aquática ou funções sanitárias (RODRIGUES & VILLELLA, 2016).

A partir de um recorte político-administrativo que compreende a área de estudo desta pesquisa, a Região Metropolitana de Sorocaba não está imune aos problemas de abastecimento. A cidade de Sorocaba também apresenta problemas crônicos com abastecimento

em períodos de estiagem nos últimos anos, assim como outras cidades da região, como Itu, Salto de Pirapora, Araçoiaba da Serra (CAMARGO, 2022).

O rio Sorocaba é o maior afluente da margem esquerda do rio Tietê, com sua foz em Laranjal Paulista, tendo como seus principais afluentes os rios Sarapuí e Tatuí. O Rio Sarapuí é o principal curso fluvial do município de Capela do Alto, sendo este município pertencente a sub-bacia do Baixo Sorocaba na composição da bacia Hidrográfica Sorocaba Médio Tietê. Os impactos que os processos erosivos causam nos recursos hídricos podem ocorrer em níveis local e regional, sendo associados a vários fatores como modificações na hidráulica fluvial, na dinâmica de sedimentação fluvial, assoreamento de rios e de reservatórios, comprometimento de mananciais, comprometimento das águas superficiais e subterrâneas, comprometendo o volume e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (CBH-SMT, 2020).

De acordo com o relatório da Situação dos Recursos Hídricos do Comitê de Bacias do Estado de São Paulo, a sub-bacia do Baixo Sorocaba, onde se localiza o município de Capela do Alto, é uma das áreas que estão em situação mais crítica em relação a erosão, demandando atenção e medidas mitigadoras para a melhoria do cenário (CBH-SMT, 2020).

Desta forma é importante fazer a gestão dos recursos hídricos de forma cooperativa entre as unidades para que o manejo da disponibilidade e demanda aconteça de forma a não gerar prejuízos sociais e econômicos nas regiões (CBH-SMT, 2020).

A pesquisa no município de Capela do Alto, a partir deste contexto, apresenta relevância fundamental para os estudos e levantamento de dados regionais, seja por se tratar de um dos municípios compreendidos pela Região Metropolitana, quanto no que diz respeito à gestão integrada das sub-bacias numa perspectiva de atendimento das diferentes necessidades de cada uma das cidades e de modo a possibilitar o desenvolvimento da região de forma equilibrada e minimizando problemas urbanos decorrentes da falta de planejamento (LEINFELDER *et al.*, 2019).

Neste cenário, diante o contexto de crise e esgotamento hídrico, na relevância da pesquisa para a área de estudo, esta pesquisa buscou estabelecer um diagnóstico ambiental para a preservação dos recursos hídricos, buscando identificar, classificar e comparar as sub-bacias intra-municipais com a finalidade conservacionista dos recursos hídricos do município de Capela do Alto – SP.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma avaliação ambiental do município de Capela do Alto/SP numa perspectiva conservacionista dos recursos hídricos.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um banco de dados geográfico com base nas características ambientais da área de estudo (mapas topográficos, altimetria, declividade) a partir de imagens de satélite;
- Identificar e quantificar a Cobertura e Usos da Terra de Capela do Alto/SP;
- Definir a hidrografia, as sub-bacias e as áreas de APP do município;
- Analisar e comparar as sub-bacias na perspectiva da espacialidade da cobertura vegetal associado aos recursos hídricos;
- Elaborar mapa síntese de criticidade da hidrografia do município, a partir da concepção conservacionista do recurso.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do Modelo de fragilidade ambiental visando a conservação dos recursos hídricos de Capela do Alto/SP foram seguidas as seguintes etapas: **1** - Geração automática da hidrografia; **2** - Definição da unidade espacial de análise que foram consideradas as sub-bacias do município e foram obtidas através de processamento de imagens; **3** - Elaboração de mapeamento de usos da terra e cobertura vegetal, zoneamento da influência da hidrografia, modelos de declividade e tipos de solo; **4** - Consulta a especialista para definição dos parâmetros para o modelo de fragilidade ambiental à preservação dos recursos hídricos; **4** - Elaboração do modelo síntese; **5** - Análise comparativa das unidades espaciais (sub-bacias) através de métodos estatísticos (cluster, PCA e ANOVA) a fim de buscar identificar o padrão das unidades analisadas.

Esta pesquisa está fundamentada no método de análise visual mediante produto analítico a partir da coleta e manipulação de dados e da consolidação do banco de dados geográficos por fontes secundárias, como a utilização de imagens de satélite – ALOS PALSAR e SRTM, cartas do Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, pautado na hipótese de uma relação da biogeografia e cobertura vegetal na questão conservacionista dos recursos hídricos em área de proteção permanente – APP.

A utilização da Ciência da Informação Geográfica – SIG ao trabalho permite estabelecer uma visão ambiental de totalidade, de modo a estabelecer relações e identificar as conexões, proximidades e funcionalidades entre os componentes da área estudada (MARTINES, 2006).

A metodologia aplicada está pautada na proposta de Xavier (2001 *apud* MARTINES, 2006) que apresenta a ideia do geoprocessamento em dois processos: diagnóstico e situações existentes ou de possível ocorrência e prognose que compreende as previsões e simulações ambientais relativas aos problemas diagnosticados. Neste caso, o trabalho se estabelece na etapa do diagnóstico ambiental, permitindo a identificação e elaboração de mapa síntese de criticidade das áreas prioritárias para a recuperação da APP, objetivando a preservação e qualidade dos recursos hídricos.

3.1 Breve Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática é uma importante etapa da pesquisa, a qual visa a investigação científica de determinado tema proporcionando sistematizar a literatura existente, selecionar e revisar estudos primários e a identificação de temas que necessitam de uma busca futura (LINDE e WILLICH, 2003).

Neste sentido, com o objetivo de sistematizar a literatura existente para a delimitação da área de estudo nos últimos anos, no período de 15 anos, foram realizadas pesquisas a partir de palavras-chave como: usos da terra associado aos recursos hídricos; conservação e preservação da APP e hidrografia; planejamento hídrico da região metropolitana de Sorocaba; Rio Sarapuí e Capela do Alto/SP. A busca foi realizada no portal de periódicos do google acadêmico e na plataforma de periódicos da CAPES, assim como foram permitidos como critério de busca todo tipo de material (livro, artigo, dissertações/teses, entre outros), idioma e base de dados, possibilitando uma busca do termo em qualquer parte do estudo e em todas as bases, ou seja, sem restrições de informações. Ao total, a busca resultou na seleção de 9 referenciais, dos quais, a partir da leitura do título, palavras-chave e resumo, sistematizou-se conforme **Quadro 01**.

Entretanto, conforme evidenciado, são poucos os estudos que abordam temáticas relacionadas diretamente ao proposto por esta pesquisa na delimitação da área de estudo, ou seja, temas relacionados aos usos e coberturas da terra e a conservação das áreas de APP e dos recursos hídricos na Região Metropolitana de Sorocaba, mas nenhum em específico que trata de estudo e pesquisa na área delimitada de Capela do Alto/SP, o que ressalta a relevância desta pesquisa no contexto regional, para além da cidade de Sorocaba e abordando as cidades compreendidas pela Região Metropolitana.

ANO	TEMÁTICA	RESUMO	PUBLICAÇÃO
2022	Métodos de detecção de mudança de uso e cobertura do solo para monitoramento ambiental	Avaliar métodos de detecção de mudanças (DM), que suportem a identificação de alterações do uso e cobertura do solo em paisagens agrícolas. O estudo foi realizado na bacia do rio Sarapuí (SP, Brasil), utilizando imagens dos satélites Landsat 5 e 8, em quatro diferentes anos.	Tese de Doutorado Planejamento e Uso de Recurso Renováveis Repositório UFSCar
2022	O processo de planejamento e gestão de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Sorocaba e médio Tietê e sua integração com o planejamento regional e municipal	O estudo foi direcionado para a unidade de gerenciamento de recursos hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Sorocaba e médio Tietê, do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Conclui-se destacando a importância de oferecer contribuições para elaboração de diretrizes específicas, visando a formulação de política municipal de recursos hídricos e melhorias no processo de planejamento e gestão municipal e regional.	Revista de Gestão de Água da América Latina
2021	Land use and land cover changes in São Paulo Macro Metropolis and implications for water resilience under climate change --- Variações no uso e na cobertura da terra na Macrometrópole Paulista e implicações para a resiliência hídrica sob mudanças climáticas	Avaliou séries temporais de uso e ocupação da terra das últimas décadas, a situação do abastecimento de água no meio urbano e dados de projeção climática para a MMP. Foram identificados municípios com perfis distintos: os que apresentam saldos finais positivos e os que apresentam saldos finais negativos com relação à manutenção de suas áreas naturais. Além disso, mais da metade dos municípios da MMP possui baixa garantia hídrica, o que pode ser agravado devido às mudanças climáticas, como previsto em diversos modelos climáticos	Sustainability in Debate
2019	Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos	Objetivou a identificação dos riscos associados às áreas de preservação permanente marginais aos cursos de água da APA Itapararanga com o auxílio de geoprocessamento. Os métodos basearam-se na sobreposição de diferentes planos de informação cartográfica sem ambiente de Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto	Scientia Plena
2019	Indicadores socioambientais na gestão integrada de bacias hidrográficas da região metropolitana de Sorocaba, estado de São Paulo, sudeste BR	Diagnosticar a situação atual dos recursos hídricos das sete bacias hidrográficas que compõem a Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) no estado de São Paulo, sudeste do Brasil, por meio de indicadores que permitissem identificar questões socioambientais. Para as bacias da SMR foram obtidos indicadores de demografia e responsabilidade social, qualidade da água, oferta e demanda de água, bem como indicadores de estado e resposta dos serviços de saneamento.	Sociedade & Natureza - UFU
2018	A abordagem geossistêmica na compreensão da dinâmica ambiental na bacia hidrográfica do Rio Ipanema, região de Sorocaba-SP	Buscou compreender a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica do rio Ipanema a partir de uma abordagem geossistêmica. A área está localizada na região metropolitana de Sorocaba-SP. Metodologicamente foram elaborados documentos cartográficos como declividade, hipsométrico, morfoestrutural, uso e ocupação do solo, e de classificação das paisagens com a utilização de software de geoprocessamento e imagens de satélites.	Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
2015	Avaliação do impacto ambiental causado pelas alterações espaço-temporal do uso do solo e da cobertura vegetal utilizando o modelo das cadeias de Markov	Aplicação de uma metodologia visando à construção de um modelo de predição probabilística que possa demonstrar por meio de cenários futuros as alterações no uso do solo e cobertura vegetal, empregando o modelo das Cadeias de Markov, possibilitando analisar o impacto causado pelo nível de transição espacial e temporal entre o uso do solo e atividades canavieiras em Unidades de Conservação e suas zonas de amortecimento	Revista Ciência e Natura Universidade Federal de Santa Maria
2013	Análise das legislações sobre os percentuais mínimos das áreas verdes dos municípios da bacia do Sorocaba Médio Tietê Estado de SP	Promover o debate sobre as definições, funções e tamanho das áreas verdes, estabelecidas nas legislações, principalmente municipais, incluindo plano diretor e lei de uso e parcelamento de solo dos municípios que abrangem a Bacia do Sorocaba Médio Tietê. A pesquisa baseou-se no levantamento de literatura relacionada e no estudo dos respectivos planos diretores e legislação de uso e de parcelamento de solo dos municípios da Bacia do Sorocaba Médio Tietê.	Revista da Sociedade Brasileira da Arborização Urbana
2008	Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP)	Avaliar os impactos ambientais da Bacia do Alto Sorocaba para definir quais são as áreas mais degradadas, suas causas e propor soluções e estratégias de manejo para elas. Foi elaborado um questionário indicador de impactos que permitiu estabelecer uma relação direta entre ações e fatores ambientais atingidos, a partir da atribuição de valores para alguns parâmetros impactantes de fácil visualização em campo	Revista de Estudos Ambientais

Quadro 1. Resumo dos estudos selecionados à Revisão Sistêmica

3.2 Revisão Bibliográfica

Esta etapa é parte imprescindível no desenvolvimento desde o momento inicial da pesquisa, haja vista que a teoria é construída para explicar ou compreender um fenômeno, um processo ou um conjunto de fenômenos e processos, de forma que a metodologia disponha de um instrumental capaz de encaminhar os impasses teóricos para o desafio da prática, instrumental claro, coerente, elaborado e capaz de proporcionar o andamento de teoria e prática (MINAYO, 2001).

Nesta perspectiva, o levantamento bibliográfico possibilita um aporte teórico à luz de outras pesquisas que possam contribuir com a hipótese e com um arcabouço para estruturação do trabalho, contribuindo também com a apresentação dos dados e discussão dos resultados.

Para este trabalho, as pesquisas foram destinadas a temas como SIG (teoria e prática – métodos para a aplicabilidade na análise ambiental), gestão e delimitação de bacias hidrográficas para o gerenciamento de recursos hídricos, biogeografia, estatística, APP's, inferência geográfica, restauração de áreas florestais, estudos regionais e demais temáticas importantes como aporte teórico para desenvolvimento e discussão de resultados.

3.3 Área de Estudo

3.3.1 Critérios para definição da área de estudo

Primeiramente, faz-se relevante elencar os critérios considerados para a escolha e definição da área de estudo deste projeto. Neste sentido, à priori, o objetivo era a realização dos estudos no município de Sorocaba, haja vista o contexto histórico de período de crise hídrica e de abastecimento da população. Contudo, a partir de busca rápida em sites de pesquisa, foi possível perceber que, dentro da delimitação geográfica da Região Metropolitana de Sorocaba, muitos estudos concentram-se na região do município de Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Iperó, e, na sua maioria com temática referente a Flona de Ipanema, APA de Itupararanga, e o sistema de abastecimento do Rio Sorocaba, ou, ainda, numa escala macro, sobre a bacia hidrográfica do Rio Tietê.

Numa perspectiva dos estudos regionais, o território, em qualquer acepção, está diretamente relacionado ao poder, tanto no sentido concreto, de dominação, quanto no sentido simbólico, de apropriação. Portanto, o território, enquanto imerso em relações de dominação e apropriação sociedade-espço, desdobra-se numa continuidade que vai da dominação político econômica mais concreta e funcional à uma apropriação mais subjetiva e/ou cultural-simbólica, tendo sua funcionalidade, para alguns, enquanto recurso e, para outros, identidade (HAESBAERT, 2005).

Segundo Haesbaert (2005), o território deve ser analisado através dos sujeitos que efetivamente exercem poder, que de fato controlam os espaços e os processos sociais que os compõem. O desenvolvimento regional deve ser pautado a partir de dois pilares: a concepção de território e região. Entretanto, é fundamental, ainda, um planejamento que também proponha plano de ação acerca da questão das desigualdades provenientes deste desenvolvimento, a fim de considerar todos os elementos e fatores intrinsecamente internalizados neste processo e suas complexidades.

Uma proposta de solução para o desenvolvimento regional a fim de solucionar problemáticas seria uma intervenção no planejamento através de um planejamento territorial prospectivo, tendo em vista "*construir vias de dinamização do potencial das regiões que valorizem suas componentes endógenas, de forma a possibilitar uma negociação pactuada entre os agentes públicos e privados.*" (EGLER, et al., 2013).

No intuito de ressaltar a importância dos demais municípios da Região Metropolitana de Sorocaba, bem como os estudos sociais, econômicos e ambientais num viés de integração das informações e embasamento científico para a tomada de decisões numa escala macro regional, assim como por se tratar do Rio Sarapuí um importante afluente do Rio Tietê e recurso hídrico fundamental não apenas para Capela do Alto, mas para outros municípios o qual ele é fonte de abastecimento público e necessário conhecimento para Políticas Públicas eficientes, com base nisto se deu a escolha para delimitação geográfica da área de estudo pelo município de Capela do Alto.

3.3.2 Caracterização da área de estudo

Numa breve contextualização histórica, geográfica e social do local de pesquisa, segundo o portal da prefeitura do município, Capela do Alto foi criado em 31/12/1963 pela Lei Estadual 8.050/1963, com redação final dada pela Lei 8.092/1964, desmembrado de Araçoiaba da Serra, tendo sido instalada em 26 de março de 1.965.

Segundo dados históricos, Capela foi fundada por famílias influentes, vindas da Europa para trabalhar na exploração e fundição de ferro na fábrica do Morro de Ipanema, como por exemplo as famílias Menck, Winceler, Plens, Popst e outras. O início da cidade está diretamente relacionado ao tropeirismo, em que as terras eram utilizadas como áreas de pouso e descanso para os tropeiros que vinham do Sul do país para comercializar seus muare nas tradicionais feiras de Sorocaba (CAPELA DO ALTO, 2018).

Quanto a origem do nome da cidade, sabe-se que os habitantes das margens do Rio Sarapuí usavam da expressão “*vamos à Capela do Alto*” quando queriam ir até a capelinha localizada no morro do Cruzeiro. Tal expressão se generalizou e definiu como identidade do povoado e, posteriormente, constituição do município (CAPELA DO ALTO, 2018).

Abaixo, algumas fotos de Capela do Alto, registradas quando do campo realizado no município para reconhecimento da área de estudo. A **imagem 01** foi registrada na entrada de Capela do Alto, onde há uma construção de portal com boas-vindas aos moradores e visitantes.

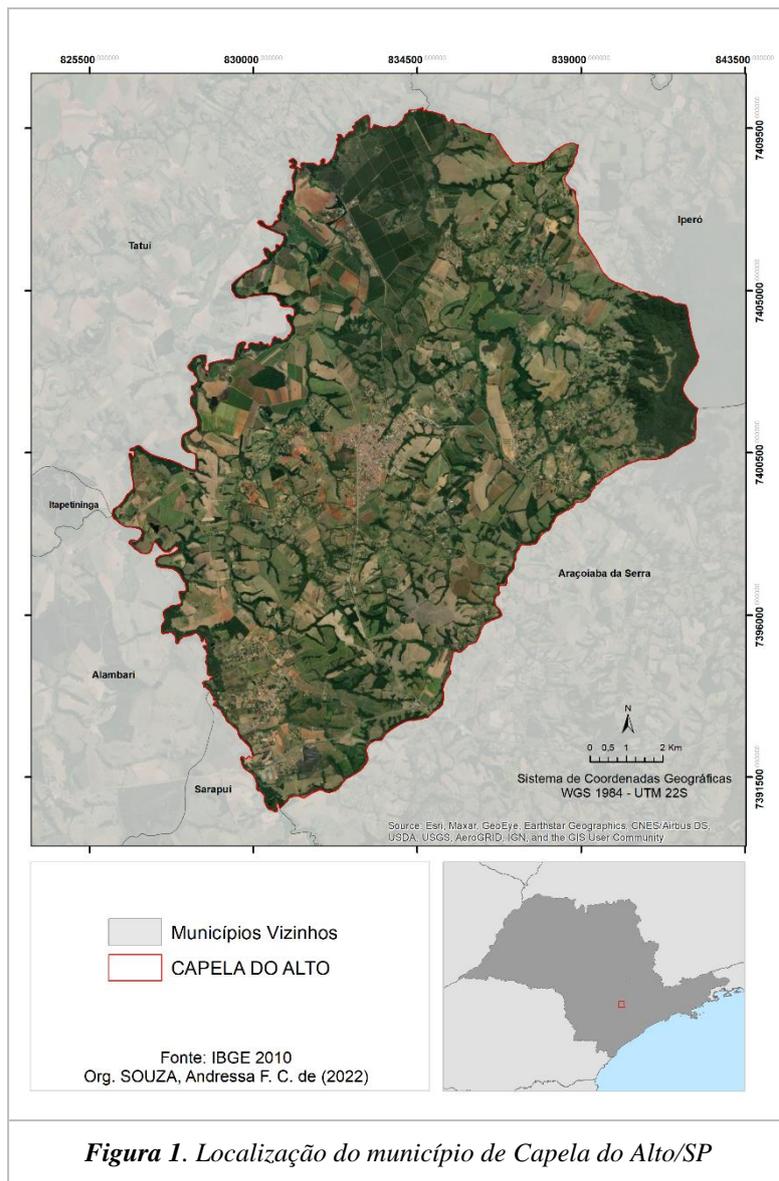
A **imagem 02** foi registrada em frente a Prefeitura Municipal, localizada na região central do município e a **imagem 03** se refere ao posto de abastecimento e distribuição de água da empresa Sabesp, também localizado próximo à região central do município.

	
<p><i>Imagem 1. Portal de Entrada de Capela do Alto</i></p>	<p><i>Imagem 2. Prefeitura de Capela do Alto</i></p>



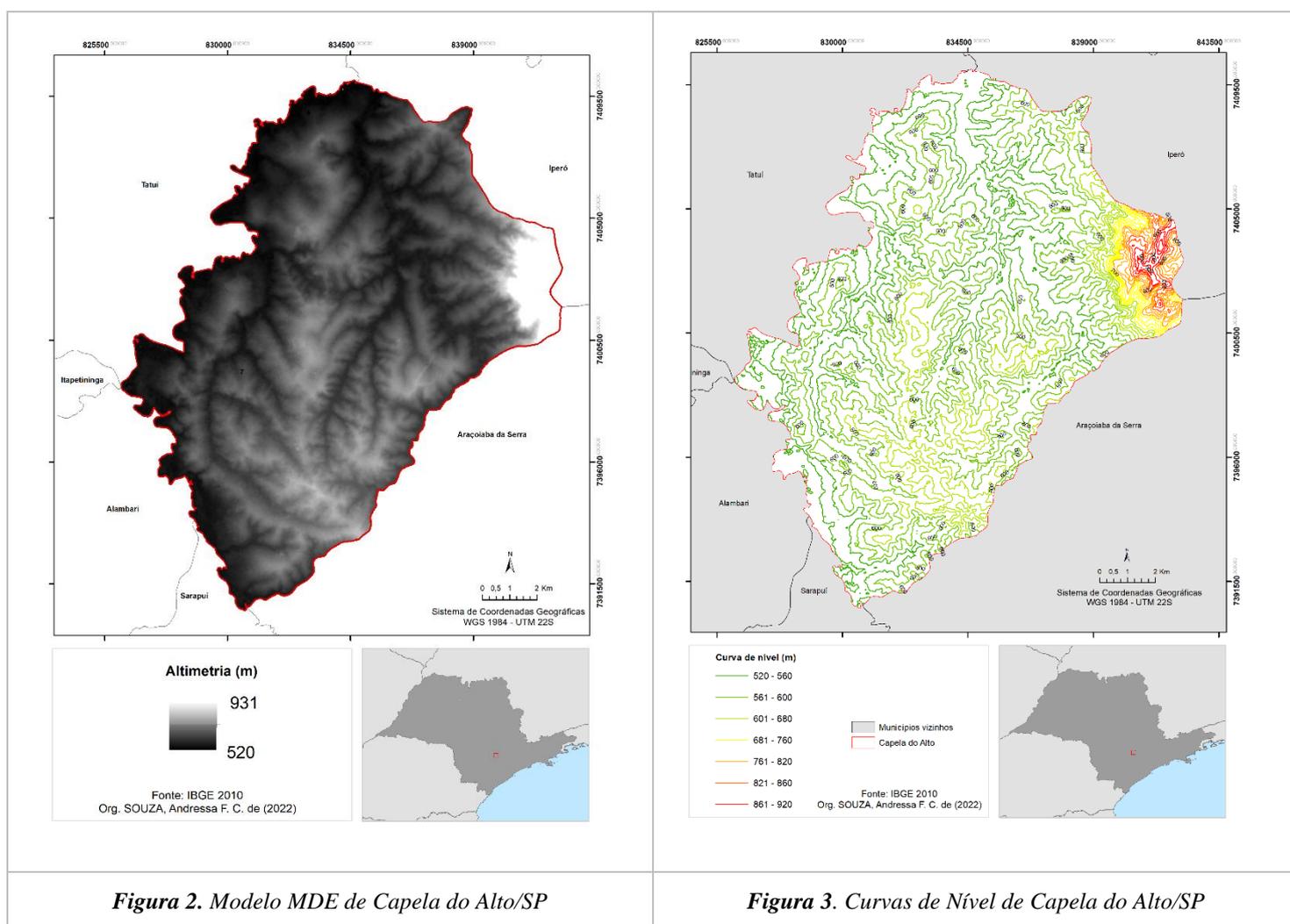
O município de Capela do Alto está localizado na região sudoeste do estado de São Paulo, a 136km, aproximadamente, da capital paulista e 42km de Sorocaba.

Possui uma área de 170 km², entre as coordenadas geográficas latitude 23°28'14" sul e a uma longitude 47°44'05" oeste. Pertencente a região administrativa de Sorocaba, Capela do Alto faz limite com os municípios de Araçoiaba da Serra, Alambari, Itapetininga, Iperó, Tatuí e Sarapuí, conforme **figura 01**. É servida por duas rodovias estaduais, sendo a Senador Laurindo Dias Minhoto (SP-141) e a Dionísio Francisco Lopes (SP 268) - antiga estrada São Paulo-Paraná (CAPELA DO ALTO, 2018).



Capela do Alto encontra-se na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, situando-se sob o Trópico de Capricórnio, com altitude média entre 530 e 905 metros.

Apresenta áreas mais elevadas distribuídas nos extremos norte e sul do município e as menos elevadas nas regiões centrais do município, o que pode ser observado a partir do modelo Digital de Elevação – MDE (**Figura 02**), em que é possível identificar ao menos 5 (cinco) unidades geomorfológicas com alta elevação (em que se destaca na tonalidade mais clara no mapa) e responsáveis pela dinâmica de drenagem das sub-bacias do município, assim como o modelo das curvas de nível (**Figura 03**) com as cotas de altitude (CAPELA DO ALTO, 2018).



A geologia de Capela do Alto é caracterizada por unidades litológicas do tipo Depósitos Aluviais, originados por um único tipo de rocha e que ocorre devido ao transporte de material arrastado pelas águas correntes, Formação Irati (Permiano) que apresenta intercalações de calcário dolomítico, pelo Subgrupo Itararé que é uma unidade sedimentar, representando na Bacia do Paraná um dos mais duradouros eventos glaciais do Fanerozóico (rochas sedimentares como ritmitos, arenitos de diferentes granulometrias, conglomerados, siltitos, argilitos, diamictitos e tilitos). Formado também pela Suite Alcalina, a qual é constituída pela associação dos magmas alcalinos atribuídos a pequenas frações de fusão parcial, assim como também pela Suite Básica, que é constituída pela associação de rochas ígneas saturadas em sílica e rica em Fe, Mg e Ca, como por exemplo o basalto (vulcânico) (CAPELA DO ALTO, 2018).

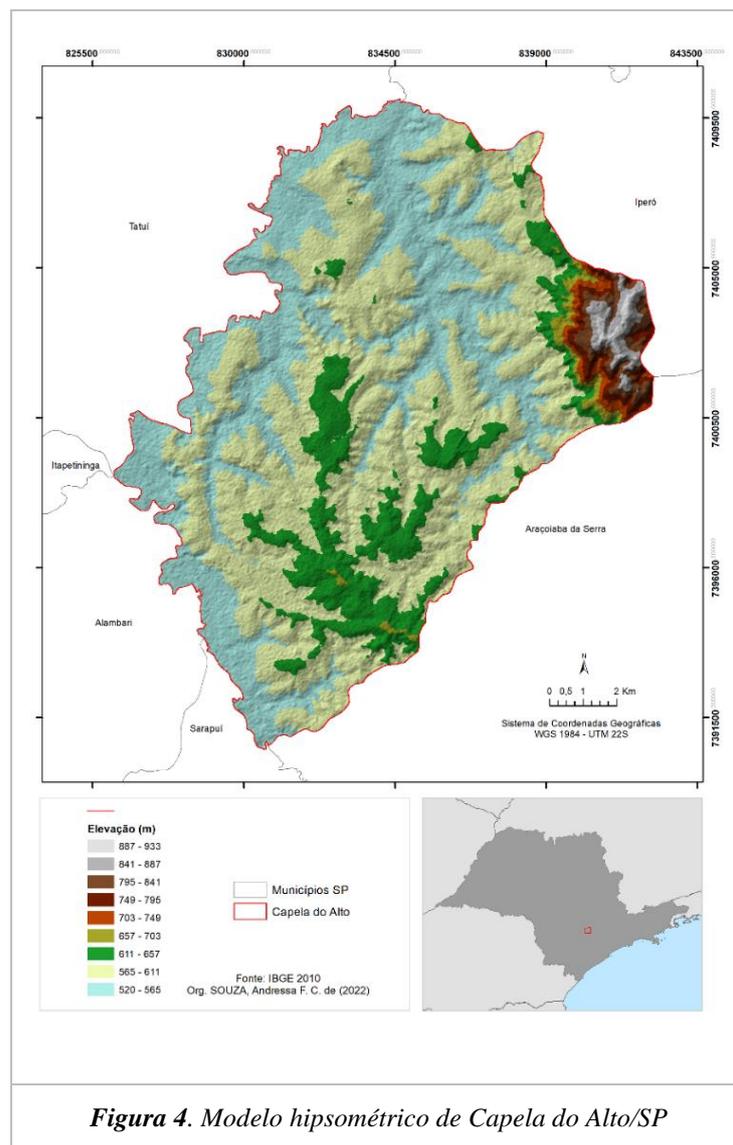
A Geomorfologia do município é representada por relevos de degradação em planaltos dissecados (retirada de material), com uma pequena área de relevo de agradação (depósito de materiais) representado pelas planícies aluviais nas margens do Rio Sarapuí (setor oeste do município), conforme figura 04 do mapa hipsométrico de Capela do Alto (CAPELA DO ALTO, 2018).

Segundo o Inventário da Oferta Turística de Capela do Alto (2018), a porção oeste do município se caracteriza por colinas médias com baixas declividades (até 15%), em que predominam interflúvios com área de 1 a 4 km², com topos aplainados e vertentes com perfis convexos e retilíneos. A drenagem é de média a baixa densidade, com padrão sub-retangular com vales abertos a fechados e planícies fluviais interiores restritas, havendo presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Esse relevo ocupa a área da Bacia do córrego do barreirinho e parte da Bacia do Sarapuí (CAPELA DO ALTO, 2018).

Há também a caracterização do relevo de morrotes alongados e espigões, em que predominam declividades médias a altas (acima de 15%), sendo este com incidência no setor leste do município, em que predominam interflúvios sem orientação preferencial, com topos angulosos a achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média a alta densidade, em padrão dendrítico e os vales são fechados (CAPELA DO ALTO, 2018).

O relevo de morros predomina com declividades médias a altas (15%), ocorrendo no setor extremo leste de Capela do Alto, correspondendo às unidades geológicas do Granito Sorocaba e de pequena porção do Maciço Ipanema, sendo este o relevo mais acidentado do município. Se caracteriza por morros com topos arredondados, de vertentes com perfis retilíneos e presença de serras restritas. A drenagem é de alta densidade, em padrão dendrítico a pinulado, com vales fechados e planícies aluvionares interiores restritas, sendo pequenas faixas que ocorrem nas margens do Rio Sarapuí no setor noroeste do município, correspondendo à unidade geológica dos Depósitos Aluvionares, caracterizando-se por terrenos baixos e quase planos, junto às margens dos rios, sujeitos a inundações (CAPELA DO ALTO, 2018).

O modelo hipsométrico (**Figura 04**) mostra a elevação do relevo assim como a dinâmica da rede de drenagem do município de Capela do Alto/SP.



Em relação ao aspecto pedológico de Capela do Alto, conforme o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000) de 1999, ocorrem no município dois tipos de solo, sendo Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelhos. A área urbana do município divide-se segundo uma linha aproximadamente NE-SW entre os latossolos em sua porção oeste e os argissolos em sua porção leste (CAPELA DO ALTO, 2018).

Segundo a classificação de solos EMBRAPA (2006):

- Latossolo vermelho: caracteriza-se, em geral, solos de cores vermelho-escuros, com texturas médias, resultante do intemperismo e retrabalhamento de arenitos com contribuição de rochas básicas. Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície

do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. (EMBRAPA 2006)

- Argissolo vermelho-amarelo: solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B (EMBRAPA, 2006).

O clima se caracteriza pela predominância do clima tropical de altitude com temperaturas médias anuais inferiores a 21°C e uma precipitação de 1300mm anualmente aproximadamente, com maior concentração no período de verão, ou seja, apresenta um verão quente e chuvoso e um inverno frio e seco, com caracterização do tipo Cwa de acordo com a Classificação Climática de Koppen para o Estado de São Paulo (CAPELA DO ALTO, 2018; VILLELA, 2011).

As formações vegetais predominantemente de mata atlântica, são originalmente constituídas pela Floresta Ombrófila Densa e Formação Arbórea/Arbustiva em Região de Várzea, sendo quase totalmente desmatada, com poucos remanescentes isolados, totalmente descaracterizados quanto a espécies e estrutura vegetal, apresentando grande parte da área útil para plantações e agricultura em geral (CAPELA DO ALTO, 2018).

Conforme os dados do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH, Capela do Alto pertence ao Comitê de Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT), em sua subdivisão em Sub-Bacia 3 - Baixo Sorocaba, sendo que toda rede hidrográfica do município drena para esse, estando localizada na porção Sudoeste da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, denominada de 10ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – UGRHI 10 (CAPELA DO ALTO, 2018; SIGRH, 2022).

A UGRHI-10 compreende as bacias hidrográficas mais industrializadas do Estado de São Paulo, concentrando quase 50% da população (SIGRH, 2022). Capela do Alto é cortada pelo Rio Sarapuí, afluente do rio Sorocaba, este que desagua no rio Tietê, importante afluente do rio Paraná, estando inteiramente dentro da UGRHI 10, juntamente com outros trinta e três municípios: Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariguama, Capela do Alto, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Cerquilha, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumirim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz,

Quadra, Salto, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista e Votorantim (CAPELA DO ALTO, 2018; SIGRH, 2022).

Outros vinte municípios têm apenas parte de sua área dentro da UGHRI-10: Barra Bonita, Cajamar, Cotia, Dois Córregos, Elias Fausto, Guareí, Igarapu do Tietê, Indaiatuba, Itapetininga, Itapevi, Jundiaí, Mineiros do Tietê, Pilar do Sul, Piracicaba, Pirapora do Bom Jesus, Rafard, Rio das Pedras, Saltinho, Santana do Parnaíba, São Manuel (CAPELA DO ALTO, 2018; SIGRH, 2022).

Os serviços de abastecimento de água são executados pela administração SABESP mediante convênio com o Governo do Estado, de acordo com os dados do IBGE (2010). Neste sentido, 100% dos domicílios urbanos tem rede de distribuição de água disponível e 98,5% têm rede coletora de esgoto disponível e, quando se trata de bairros isolados, a proporção é de 86,4%, sendo que 100% do esgoto coletado é tratado (CAPELA DO ALTO, 2018).

Os dados de saneamento básico do município de Capela do Alto, para o ano de 2021, são apresentados na tabela 1, fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no âmbito da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades.

Tabela 1. Dados de Saneamento Básico de Capela do Alto/SP (SNIS 2021)

<i>Município: Capela do Alto</i>	<i>Ano de Referência</i>
<i>Prestadores: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP</i>	2021
<i>População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE</i>	21.257
<i>População total residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário, segundo o IBGE</i>	21.257
<i>População total atendida com abastecimento de água</i>	19.208
<i>População urbana atendida com abastecimento de água</i>	17.607
<i>População urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água</i>	17.607
<i>População urbana residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário</i>	17.607
<i>Quantidade de ligações ativas de água</i>	7.155
<i>Quantidade de economias ativas de água</i>	7.278
<i>Extensão da rede de água</i>	112,31
<i>Volume de água produzido</i>	1.347,10
<i>Volume de água tratada em ETAs</i>	0
<i>Volume de água micromedido</i>	957,03
<i>Volume de água faturado</i>	1.164,75
<i>Volume de água macromedido</i>	1.347,10
<i>Quantidade de economias residenciais ativas de água</i>	6.599
<i>Quantidade de economias ativas de água micromedidas</i>	7.278
<i>Volume de água tratada por simples desinfecção</i>	1.347,10

Volume de água bruta exportado	0
Volume de água tratada importado	0
Volume de água tratada exportado	0
Volume micromedido nas economias residenciais ativas de água	867,48
Quantidade de ligações totais de água	7.885
Quantidade de economias residenciais ativas de água micromedidas	6.599
Índice de perdas faturamento	13,54
Consumo médio percapita de água	138,9

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)
Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

Trata-se de um dos municípios compreendidos pela Região Metropolitana de Sorocaba do estado de São Paulo, institucionalizada em 2014 (EMPLASA, 2014). Capela do Alto é considerada um importante polo da produção agrícola e agropecuária no estado de São Paulo, sendo conhecido nacionalmente como a capital do milho verde, com área agropecuária de aproximadamente 17.400 hectares, distribuídos entre principal produção de laranja, milho verde e grãos como milho e soja (**Tabela 1**), apresentando um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0.748, segundo PNUD (2000). Possui população estimada de 17.532 mil habitantes para o ano de 2010, segundo o Censo Demográfico 2010, numa área de 170 Km² (AGEM, 2022).

Tabela 2. Produto Interno Bruto de Capela do Alto

Produto Interno Bruto – 2015 (*mil reais)	
Serviços	R\$ 108.877,14
Administração e Serviços públicos	R\$ 78.822,26
Agropecuária	R\$ 40.644,77
Indústria	R\$ 23.198,63
Impostos	R\$ 14.337,31
Total	R\$ 265.880,11

Fonte: IBGE

Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/capela-do-alto/pesquisa/38/46996>

No que diz respeito a produção rural, Capela do Alto tem destaque na empregabilidade e geração de riquezas, assim como o setor de serviços, abrigando empresas importantes como Cutrale, Mineradora Alarcon e Guarapiranga Alimentos. Conhecida como a capital do milho verde, com cerca de 40 produtores, importante destacar que, com

plantações que podem ocorrer o ano todo, a área plantada no município é de 800 hectares aproximadamente, com produtividade média de 12.000 quilos por hectare e preço de comercialização em torno de R\$ 200,00 a R\$ 700,00 a tonelada (CAPELA DO ALTO, 2018).

De acordo com informações da Prefeitura de Capela do Alto (2018), a área agropecuária do município é de aproximadamente 17.400 hectares (**Tabela 2**), sendo distribuído da seguinte forma:

Tabela 3. Área agropecuária e atividades do município de Capela do Alto/SP

Atividade Agropecuária	Qtde em hectares
Pastagens para pecuária de leite e corte	6.700
Citricultura (laranja/tangerina)	2.400
Milho grãos	800
Milho verde	800
Soja grãos	700
Cana de Açúcar	500
Mandioca (mesa)	250
Feijão de corda	150
Trigo	100
Melancia	100
Feijão	100
Quiabo	50
Banana	5,0
Alface	3,0
Maracujá	2,0
Uva fina (mesa)	2,0
Tomate (mesa)	1,50

Fonte: Prefeitura de Capela do Alto

Disponível em: <https://www.capeladoalto.sp.gov.br/pagina/estatisticas-7>

O município de Capela do Alto pertence a Região Metropolitana de Sorocaba, a qual foi institucionalizada em 08/05/2014 pela Lei Complementar Estadual nº 1.241. É composta por 27 municípios, agrupados em três sub-regiões:

Tabela 4. Sub-regiões da Região Metropolitana de Sorocaba

Sub-região	Municípios	Total Municípios	Área (Km ²)	População (2018)
1	Alambari, Boituva, Capela do Alto, Cerquilha, Cesário Lange, Jumirim, Sarapuá, Tatuá, Tietê e Itapetininga	10	4.023,36	489.997
2	Alumínio, Araçariguama, Ibiúna, Itu, Mairinque, Porto Feliz, Salto e São Roque;	8	3.134,47	598.009
3	Araçoiaba da Serra, Iperó, Piedade, Pilar do Sul, Salto de Pirapora, São Miguel Arcanjo, Sorocaba, Tapiraí e Votorantim.	9	4.453,64	1.032.089
Total		27	11.611,48	2.120.095

Fonte: AGEM – Agência Metropolitana de Sorocaba
Disponível em: <https://www.agemsorocaba.sp.gov.br/municipios/>

Seus mais de 2 milhões de habitantes representam 4,6% da população estadual. A região gera cerca de 4,25% do Produto Interno Bruto (PIB) paulista. Está estrategicamente situada entre duas importantes regiões metropolitanas do País – São Paulo e Curitiba –, além de manter limite territorial e processo de conurbação com a Região Metropolitana de Campinas.

Destaca-se, em âmbito nacional, por intensa e diversificada atividade econômica, caracterizada por produção industrial altamente desenvolvida, com predominância dos setores metal-mecânico, eletroeletrônico, têxtil e agronegócio da cana-de-açúcar (AGEM, 2022).

Abaixo, as representações da Bacia Hidrográfica Sorocaba Médio – Tietê (**Figura 5**) e a delimitação da Região Metropolitana de Sorocaba (**Figura 6**).

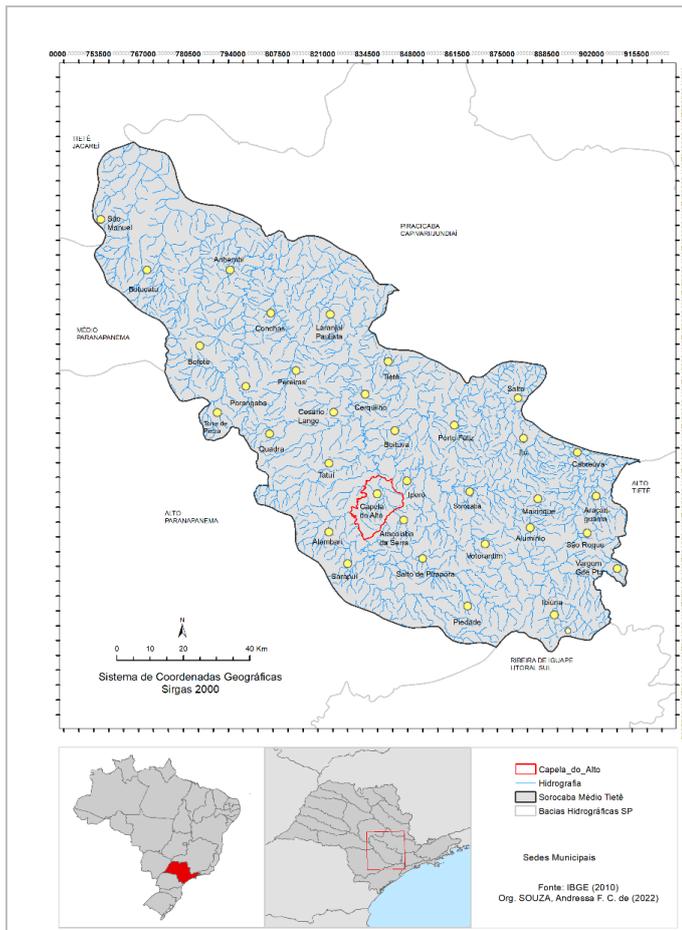


Figura 5. Delimitação da Bacia Hidrográfica Sorocaba – Médio Tietê

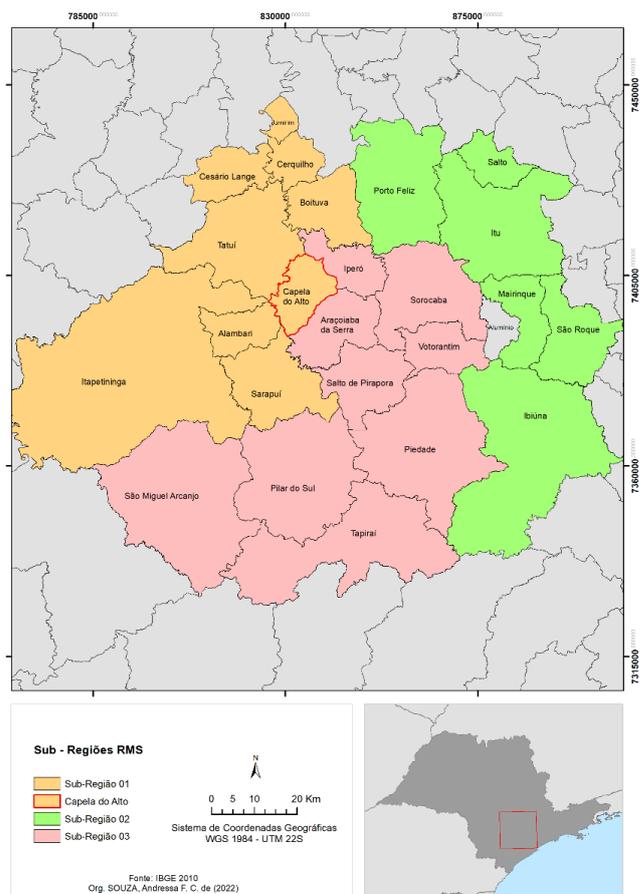


Figura 6. Sub-regiões da Região Metropolitana de Sorocaba

Doze de seus municípios estão localizados no eixo das Rodovias Castelo Branco e/ou Raposo Tavares, com economias baseadas em atividades industriais. Destes, seis apresentam especial relevância na economia paulista: Sorocaba, Itu, Itapetitinga, Salto, Cerquillo e Votorantim (AGEM, 2022).

É a maior produtora agrícola entre as regiões metropolitanas do Estado de São Paulo, com elevada diversidade. Tem papel relevante na produção estadual de minérios, como cimento, calcário, rocha ornamental, pedra brita e argila, entre outros (AGEM, 2022).

Trata-se, portanto, de um importante município numa escala regional para estudos ambientais na Região Metropolitana, o qual poderá contribuir muito em aspectos de pesquisa e planejamento futuro para políticas públicas municipais e integradas às demais regiões de São Paulo.

3.3.3 Trabalho de Campo

A visita de campo é uma importante etapa metodológica para a construção, elaboração e execução da pesquisa científica, principalmente na área da geografia, haja vista que proporciona um melhor conhecimento e reconhecimento do local, seja das condições físicas e topográficas, quanto sociais e econômicas da população do entorno da área delimitada. A fase exploratória, é, portanto, processo pelo qual é necessário desprender-se de tempo dedicado a diferentes questionamentos acerca do projeto de pesquisa, seja sobre o objeto, os pressupostos, as teorias pertinentes, a metodologia apropriada e/ou questões operacionais (MINAYO, 2001).

Neste sentido, o trabalho de campo “*consiste no recorte empírico da construção teórica elaborada no momento, etapa a qual combina entrevistas, observações, levantamentos de material documental, bibliográfico, instrucional etc.*” (MINAYO, 2001, p. 26)

É o momento pertinente para realização de um reconhecimento prático de fundamental importância exploratória, de confirmação ou refutação de hipóteses e construção de teorias (MINAYO, 2001).

Foi realizado um trabalho de campo no início da pesquisa, com objetivo exploratório e de conhecimento da área de estudo, sendo este fundamental para estabelecer uma relação mais próxima de vínculo.

No campo foram registradas as áreas próximas às vias asfaltadas (**Imagem 04, 05 e 06**) e o ordenamento da região central (**Imagem 07 e 08**).



Imagem 4. Vista panorâmica dos campos de plantação



Imagem 5. Vista panorâmica de Capela do Alto



Imagem 6. Vista panorâmica com a Flona ao fundo



Imagem 7 e 8. Ruas e edificações da região central de Capela do Alto

3.4 Elaboração do Banco de Dados Geográficos

A evolução das tecnologias e os novos equipamentos de sensores remotos, assim como as novas metodologias de processamento e análise de dados e imagens digitais, são fatores que contribuem na melhor qualidade da Ciência de Informação Geográfica com maior eficácia na análise e monitoramento dos usos e da cobertura da terra e demais produtos analíticos, possibilitando compreensão da dinâmica da superfície da terra em diferentes escalas, de modo a ser assistência relevante na tomada de decisões mais confiáveis e eficientes em diversas áreas de estudo e planejamento, bem como importante ferramenta como fonte de dados espaço-temporais na análise de como o espaço é utilizado pelo homem (CAMPOS *et al.*, 2010; NARDINI, 2009).

Os satélites de monitoramento dinamizam estudos em diferentes áreas e revolucionam a forma com que a sociedade busca informações a respeito do território, de modo que as imagens de sensoriamento podem informar sobre ambientes em diferentes escalas, sendo uma das grandes contribuições da tecnologia moderna para o conhecimento das paisagens do planeta (EMBRAPA, 2020).

A utilização desta ferramenta se deu a partir da evolução de diversos ramos científicos, tratando-se, pois, de um tema multidisciplinar que agrega inovação em amplas áreas do conhecimento incluindo também os domínios da química, física, eletrônica, telecomunicações, ciências da terra, entre outras, bem como vale ressaltar que sua aplicação em projetos educacionais vem sendo ampliada nos últimos anos no Brasil, sobretudo a partir dos anos 90 com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais pelo MEC, o qual inseriu o eixo de discussão ambiental como temática transversal no currículo escolar (EMBRAPA, 2020).

A tecnologia necessária para implantação de sistemas sensores orbitais têm evoluído rapidamente graças, principalmente, ao esforço conjunto de instituições de pesquisa e ensino, proporcionando metodologias eficazes para extração de informações, derivadas desses produtos, assim como também têm sido desenvolvidas a democratização desse conhecimento acumulado aos estabelecimentos de ensino em vários níveis (EMBRAPA, 2020).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizadas fontes secundárias para a construção dos modelos, o que se deu a partir do banco de dados ALOS PALSAR, sendo possível a elaboração dos mapas topográficos de análise a partir do Modelo Digital de Elevação – MDE na delimitação do município de Capela do Alto, como mapas de declividade, hipsométrico, curvas de nível, assim como delimitação do município e de bacia hidrográfica Sorocaba e Médio-Tietê.

O satélite ALOS – utilizado para a extração da base de dados – foi lançado em janeiro de 2006 pela Japan Aerospace Exploration Agency – JAXA, no centro espacial de Tanegashima (Japão) e entrou na fase operacional e fornecimento de dados ao público em 24 de outubro de 2006, com operação concluída em 12 de maio de 2011 e derivado de tecnologia desenvolvida por antecessores como os satélites japoneses ADEOS E JERS-1 (EMBRAPA, 2020).

O ALOS possui característica necessária aos satélites modernos de alta resolução, como grande velocidade e capacidade de tratamento dos dados e a precisão avançada na determinação de seu posicionamento espacial, pois possui sistema de controle de órbita e altitude baseados em GPS de dupla frequência e rastreador de estrelas. Seu sistema foi desenvolvido para fomentar pesquisas científicas aplicadas na área de sensoriamento remoto e prover o Japão e países da Ásia com dados cartográficos que pudessem oferecer subsídios ao estudo de temáticas como desenvolvimento sustentável, monitoramento de desastres naturais e recursos naturais (EMBRAPA, 2020).

Foram três sensores à bordo do ALOS: o radiômetro PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping) capaz de adquirir imagens tridimensionais detalhadas da superfície terrestre; o radiômetro multiespectral AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type 2) voltado aos mapeamentos de uso e cobertura das terras e o sensor de microondas PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade (EMBRAPA, 2020).

O ALOS PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) é um radar de abertura sintética que opera na Banda L, capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas. Derivou-se da tecnologia que esteve a bordo do

satélite JERS-1, entretanto, o sensor não consegue obter imagens em áreas localizadas acima de 87,8° de latitude Norte e 75,9° de latitude Sul (EMBRAPA, 2020).

3.5 Elaboração de Mapas Topográficos de Análise

Segundo Brito & Prudente (2005) o sensoriamento remoto é a tecnologia que permite a obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície. Ou seja, a utilização desta ferramenta é vasta em diversas áreas, seja na geologia, na hidrologia, pedologia, agricultura, uso da terra, entre tantas outras.

Para uma compreensão espacial da área, no intuito de correlação de dados teóricos e metodológicos, foram elaborados mapas de dados topográficos de análise, com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) de Capela do Alto a partir da extração de imagem de satélite ALOS PALSAR.

O MDE é uma representação digital tridimensional de um terreno ou superfície geográfica que descreve a elevação do terreno acima de um Datum vertical, geralmente o nível médio do mar, sendo composto por uma matriz de dados em forma de grelha ou nuvem de pontos, onde cada ponto ou célula na grelha possui uma coordenada espacial (latitude, longitude) e um valor de elevação associado (DE MORAES NOVO, 2010). Desse modelo forma derivados o modelo hipsométrico, curvas de nível, relevo sombreado e hipsométrico.

A utilização do MDE na elaboração de modelos de análise é uma ferramenta atual de grande relevância e possibilidades nos estudos geográficos e de diferentes áreas da ciência, que pode ser derivado de diferentes fontes como curvas de nível, imagens de satélite e fotografias aéreas – LIDAR (Light Detection and Ranging) e SAR (Air-and Space-borne Radar), no qual se insere o conhecido SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (TINÓS *et al.*, 2014).

Tão importante quanto as demais, esta etapa da metodologia permite a junção de dados de modo a possibilitar subsídios para uma análise espacial integrada da paisagem. Ou seja, reafirmando a essencialidade dos mapas topográficos desenvolvidos e juntamente com a integração dos dados, foram elaborados modelos os quais possibilitam análise criteriosa da

área de estudo, assim como a futura etapa de intersecção de dados para a elaboração do mapa síntese de diagnóstico da criticidade para a recuperação florestal com o intuito conservacionista dos recursos hídricos.

Neste sentido, os mapas de dados topográficos relacionados objetivam “reproduzir sobre um plano, graficamente, a sensação de que o relevo terrestre esteja sendo representado espacialmente” (ASPIAZU; ALVES & VALENTE, 1990, p. 01), portanto, umas das etapas fundamentais para estabelecer a correlação necessária para este trabalho.

As áreas com maior elevação se destacam pelo maciço da Flona de Ipanema, na porção nordeste do mapa, o que também pode ser observado pelo mapa de curva de nível, com as linhas mestras, numa altitude média de 625m e na sequência o modelo de declividade que visa mostrar as áreas de maior atenção para o planejamento do uso da terra e para o monitoramento e a gestão ambiental da área de estudo.

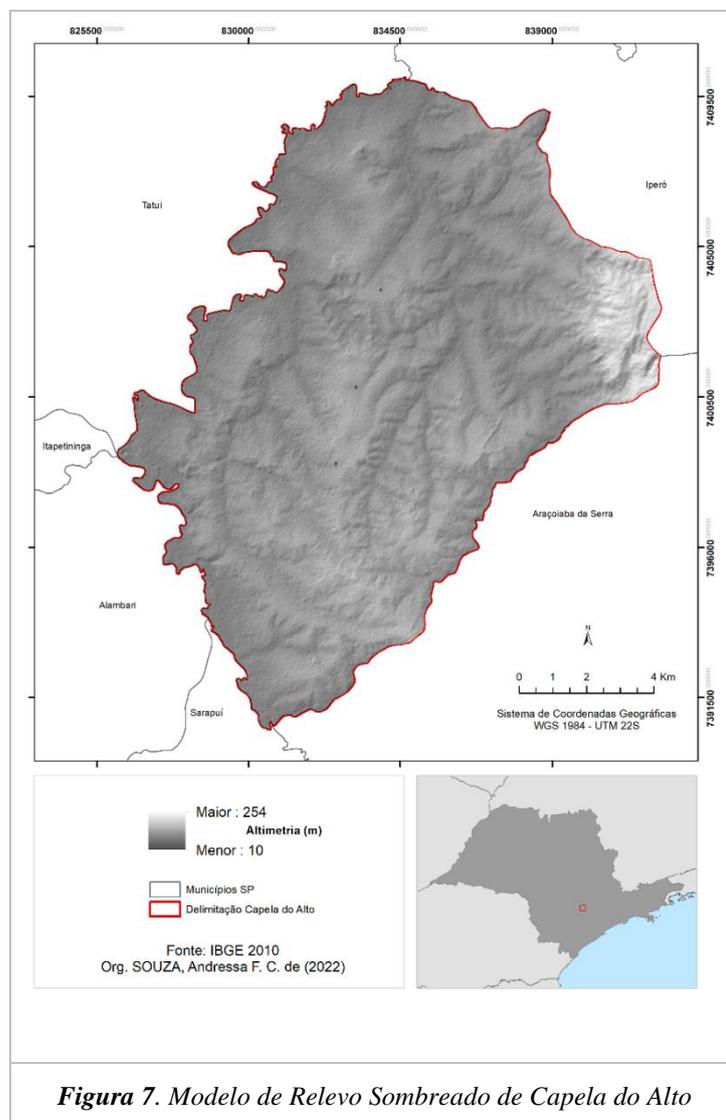
Com base nisto, podemos avaliar que a topografia é um componente físico de grande importância para o estudo geográfico. Ambos foram elaborados no software Arcgis 10.5, a partir de funcionalidades correspondentes.

Derivou-se do MDE o mapa de relevo sombreado, de modo a possibilitar uma técnica de aspecto realista ao terreno e uma análise tridimensional da superfície, permitindo uma interpretação mais próxima do real da área estudada. (TINÓS, *et al.*, 2014)

A partir deste modelo, é possível observar o realce do relevo, de modo a identificar as feições estruturais, feições planas, as áreas de morros e padrões de dissecação do município de Capela do Alto.

O modelo (**Figura 7**) possibilita, ainda, observar o domínio estrutural geológico que determina os processos de geração das feições estruturais por meio de processos erosivos, permitindo inferir ao menos quatro grandes domínios estruturais: (1) um a nordeste, com estrutura geológica resistente e com altitude elevada, marcado por canais curtos e ramificados ao longo das linhas de fraqueza - esta zona está em contato com a FLONA Ipanema; (2) à noroeste, com uma zona aplainada, ligada a estruturas sedimentares com canais hidrológicos retilíneos; (3) na porção centro-sul, com estruturas mistas, entre maiores e menores resistências, onde se destacam os canais dendríticos e algumas anomalias

que se configuram a partir da heterogeneidade estrutural; e (4) na porção inicial oeste-sudoeste se estendendo até sul-sudeste marcado por canais curtos e médios, ramificados e retilíneos que se configuram a partir da heterogeneidade estrutural.



Neste sentido, esta etapa da metodologia de elaboração de mapas topográficos a partir do MDE permite uma análise individual e integrada de análise e reconhecimento do relevo e da dinâmica geológica e geomorfológica da área de estudo, possibilitando uma *“maior dinamicidade aos estudos e pesquisas em meio físico, pois reduz a distância entre o objeto de estudo e o pesquisador.”* (TINÓS, et al., 2014, p. 214)

3.6 Cobertura e Usos da Terra, classificação e chave de interpretação

Os modelos da cobertura e usos da terra são fundamentais para uma análise detalhada da interpretação de imagens de satélites, mostrando as áreas ocupadas e suas principais atividades e usos e permitindo uma discussão de resultados integrados aos demais modelos topográficos de análise.

O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, sendo que, neste contexto, o sensoriamento remoto constitui-se em uma técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de informações a respeito de registros de uso da terra e cobertura vegetal (ROSA & SANO, 2014).

Mediante utilização de dados atualizados e amplos, pode ser aplicado em diversas áreas como inventário de recursos hídricos, controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, formulação de políticas econômicas etc. Trata-se, portanto, de uma ferramenta de extrema importância para planejamento a partir da identificação dos usos da terra em determinada área para elaboração de Políticas Públicas para desenvolvimento da região (BRITO & PRUDENTE, 2005).

Para Nardini (2009), a análise da Cobertura e Usos da Terra, a partir de dados de Sensoriamento Remoto, constitui uma técnica de importante utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar a avaliação e monitoramento da preservação de áreas de vegetação natural.

Os sistemas de sensoriamento remoto, hoje disponíveis permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo estes dados de grande importância para o levantamento, mapeamento, monitoramento do uso da terra e cobertura vegetal de uma dada região. Contudo, não existe uma classificação de uso da terra que seja única e ideal, cada classificação é feita de forma a atender as necessidades do usuário e adaptadas à região (ROSA & SANO, 2014).

Neste sentido, Rosa & Sano (2014) dissertam sobre a importância da classificação afirmando que o levantamento do uso da terra indica a distribuição geográfica

das tipologias de uso, identificadas através de padrões homogêneos da cobertura terrestre.

Ou seja,

Ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, esses estudos representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade (ROSA & SANO, 2014, p. 04).

O mapa da Cobertura Vegetal e Usos da Terra de Capela do Alto foi elaborado a partir de imagem do Google Earth do mosaico de 2021. Utilizou-se a classificação em vetorização manual, numa escala de 1: 5.000, para análise na escala 1: 10.000, sendo definida em um nível de detalhamento importante para contribuição dos dados, permitindo um melhor reconhecimento dos objetos da área de estudo numa definição dos usos e cobertura da terra, sendo definidas 15 classes de usos no município de Capela do Alto (**Tabela 04**), seguindo critérios tais como forma, tamanho, padrões de arranjo espacial, tonalidade, textura e a localização (TEMBA, 2000).

Tabela 5. Classificação usos da terra de Capela do Alto/SP

Classes – Usos da terra	Área (km²)
Agroindustrial	134,14
Água	163,09
Área de chácaras	46,18
Campo agrícola	476,50
Campo limpo	6.640,06
Cemitério	1,47
Mata	3.542,81
Mineração	12,52
Presídio	15,39
Reflorestamento	1657,13
Residencial não adensado	1.184,54
Solo exposto	2505,28
Urbano adensado	393,95
Via asfaltada	139,36
Via não asfaltada	112,71

O modelo da cobertura vegetal e usos da terra (**Figura 8**) mostra uma área consideradamente relevante classificada como campo limpo, compreendendo áreas de pastagem, uma pequena porção à norte classificada como área de reflorestamento, porções especializadas pelo território classificadas como solo exposto e uma área de mata relativamente adensada à norte e nordeste que se refere a delimitação da Floresta Nacional (FLONA) de Ipanema.

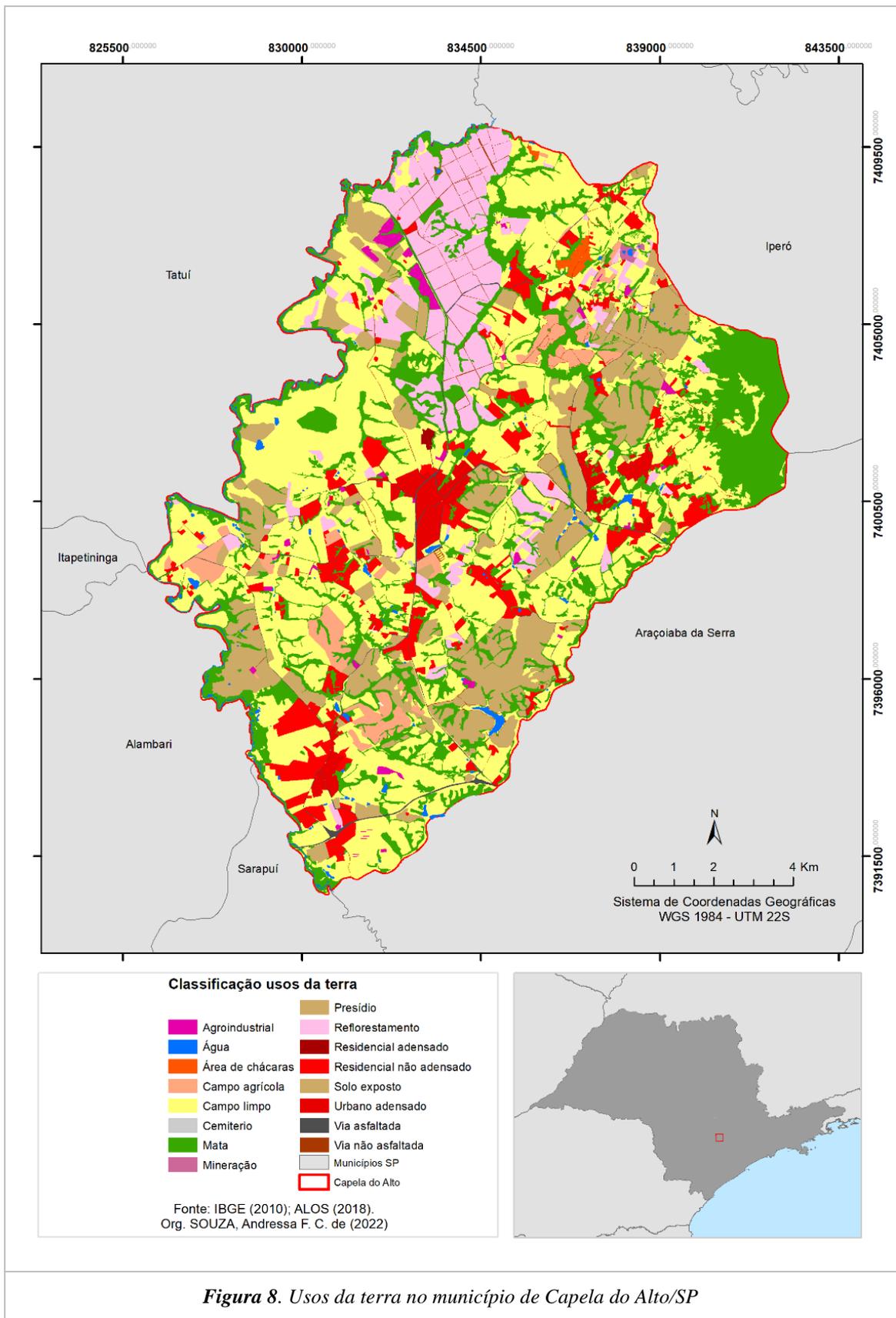


Figura 8. Usos da terra no município de Capela do Alto/SP

A classificação manual para identificação de objetos em imagens de satélite tem como premissa a fotointerpretação que é a arte de examinar as imagens dos objetos nas fotografias e de deduzir a sua significação, sendo a habilidade desenvolvida pelo estudo e dedução, para aumentar hábitos de observação de objetos familiares, da terra ou de pontos elevados sendo que 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 & GARCIA, 1984; TEMBA, 2000).

Para uma identificação dos objetos, a partir de elementos de reconhecimento como cor, textura, padrão, forma e tamanho, foi elaborada uma chave de interpretação consolidando-se como guia na análise dos usos da terra (**Quadro 02**).

Quadro 2. Chave de Interpretação para classificação manual dos usos da terra em Capela do Alto – SP

CLASSE	DESCRIÇÃO	AMOSTRA DE IMAGEM
Agroindustrial	Áreas estruturadas com conjuntos de instalações fabris e/ou galpões, destinadas para a produção agrícola	
Água	Recursos hídricos como rios, riachos, açudes, lagos e reservatórios artificiais	
Área de chácaras	Áreas com predominância de construções com predominância de chácaras, amplos espaços e locais de lazer como piscinas	

<p>Campo agrícola</p>	<p>Áreas ocupadas por culturas agrícolas</p>	
<p>Campo limpo</p>	<p>Áreas cobertas por vegetação de gramíneas sem uso definido, compreendendo áreas de pastagem</p>	
<p>Cemitério</p>	<p>Área com terreno destinado para velório e enterro de cadáveres humanos</p>	
<p>Mata</p>	<p>Conjunto de estrutura florestal de vegetação arbórea em diversos estágios sucessionais</p>	
<p>Mineração</p>	<p>Áreas ocupadas pela exploração (extração e/ou beneficiamento)</p>	
<p>Presídio</p>	<p>Área construída destinada para a Penitenciária de Capela do Alto</p>	

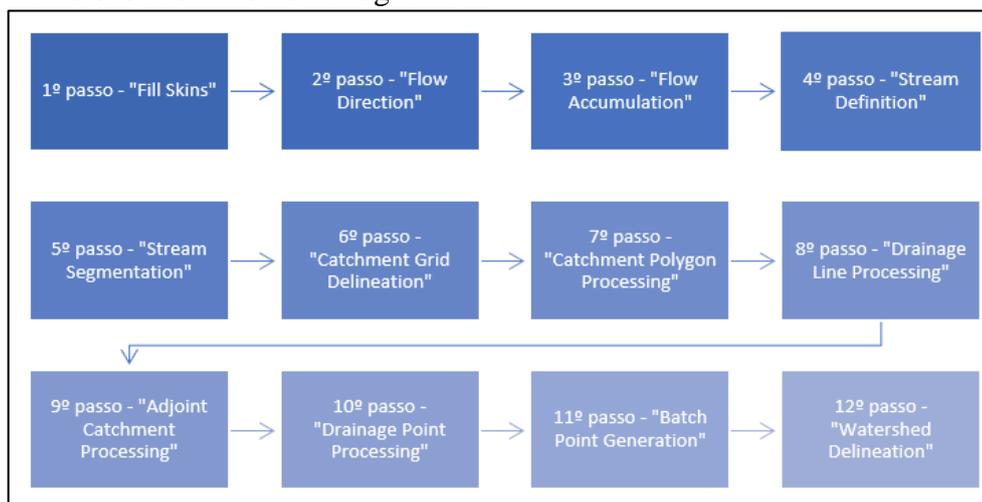
<p>Reflorestamento</p>	<p>Áreas ocupadas por plantações destinadas a restauração e recuperação florestal</p>	
<p>Urbano adensado</p>	<p>Áreas com predominância de construções adensadas – centros urbanos municipais e sistema viário</p>	
<p>Residencial não adensado</p>	<p>Áreas com predominância de construções residenciais, não adensadas, sistema viário e bairros afastados</p>	
<p>Solo exposto</p>	<p>Áreas com predominância de solo exposto sem uso definido</p>	
<p>Via asfaltada</p>	<p>Rodovias e vias de acesso pavimentadas</p>	
<p>Via não asfaltada</p>	<p>Estradas e vias de acesso não pavimentadas</p>	

3.7 Delimitação da Hidrografia e Sub-Bacias

O termo bacia hidrográfica pode ser encontrado em diversas vertentes metodológicas. A versão de Christofolletti (1980 *apud* MORAES & ARRUDA, 2010) tem um caráter mais sucinto em que define a drenagem fluvial composta por um conjunto de canais de escoamento interrelacionados que formam a drenagem de modo a definir a área drenada por determinado rio ou por um sistema fluvial, sendo possível, portanto, analisar o quão dinâmica pode ser uma bacia relacionando-a a diversos fatores a partir do ponto de observação desejado, como aspectos geomorfológicos em conjunto com as formas de relevo nas cabeceiras e nas margens, por exemplo (MORAES & ARRUDA, 2010).

A elaboração do modelo da rede de drenagem se deu a partir do MDE do município, sendo realizada a extração da hidrografia (canais e cabeceiras de drenagem) a partir da vetorização automática em ambiente SIG e análise a partir de imagem de satélite a fim de possibilitar os ajustes necessários entre os resultados. Foi realizada a delimitação das sub-bacias a fim de estabelecer núcleos de análise dos dados e estabelecer grau de diferença e/ou semelhanças entre elas. Foi realizada também a aplicação de algoritmos para cálculo da área de rede de drenagem e sub-bacias da área.

O procedimento para a obtenção das sub-bacias em ambiente SIG envolveu doze linhas de comando da extensão Arc Hydro Geoprocessing Tools do ArcMap versão 10.5., (TOPPA *et al.*, 2017) tendo iniciado por meio da entrada do MDE e as etapas do processamento são descritas no fluxograma 1.

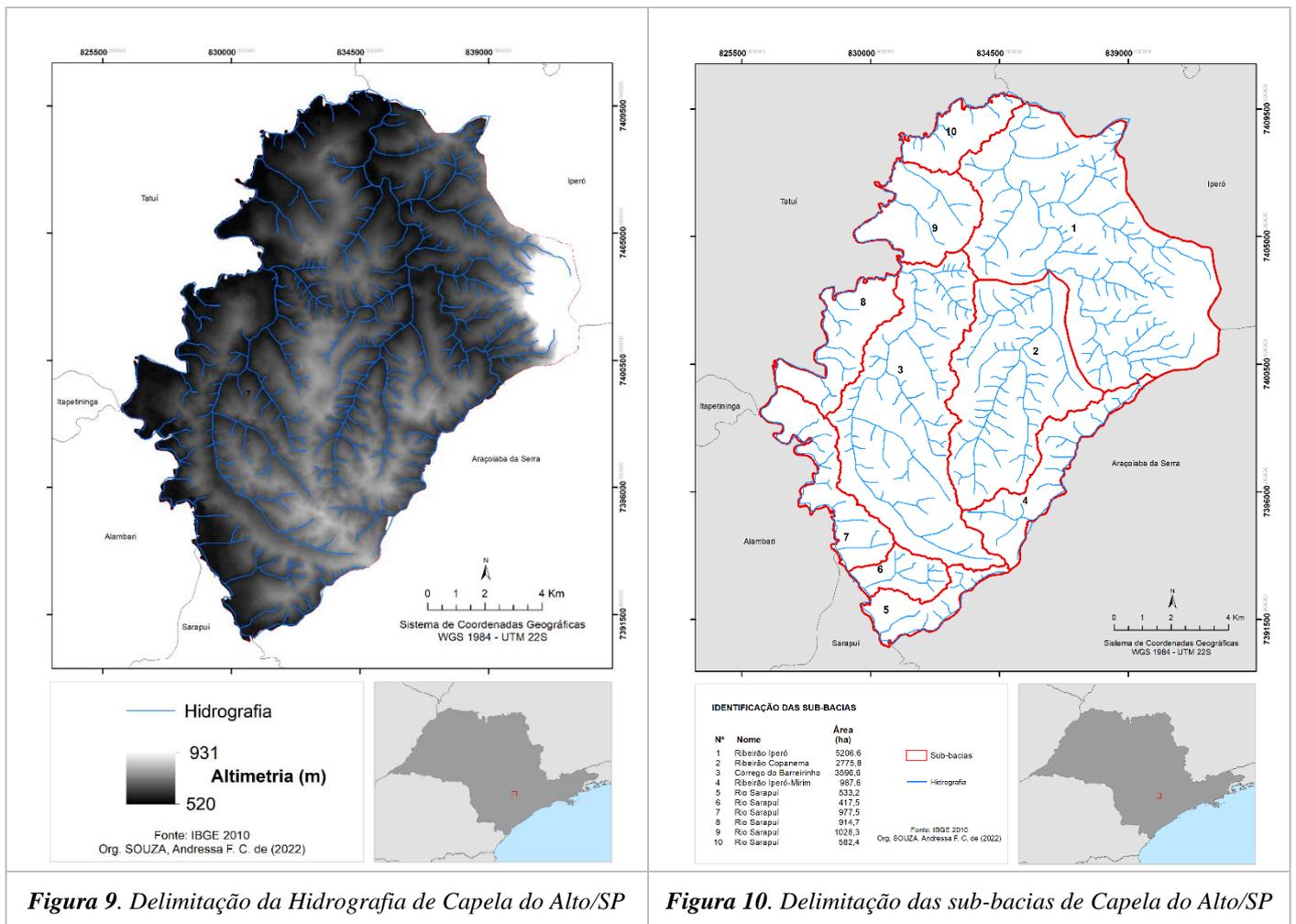


Fluxograma 1 - Etapas do processamento automatizado para a delimitação das sub-bacias

Fonte: Adaptado de TOPPA *et al.* (2017)

Após o processamento automatizado, foi realizado um ajuste manual das feições poligonais geradas a partir da interpretação do MDE, dessa forma foram definidas 10 (dez) sub-bacias que serão as unidades espaciais de análise. Destaca-se a delimitação das unidades de sub-bacia 1 e 2, as quais foram ajustadas manualmente a partir da análise da estrutura MDE.

Os modelos da delimitação da hidrografia e sub-bacia são representados nas **figuras 9 e 10**. A área urbana de Capela do Alto, onde se origina a captação da microdrenagem é dividida por uma linha aproximadamente Norte-Sul entre as bacias do Ribeirão Iperó Mirim, a Leste, e do Córrego do Barreirinho, a Oeste, ambas drenando num rumo geral Norte para o Rio Sarapuí. O segundo curso d'água mais importante que drena o município de Capela do Alto é o Ribeirão Iperó Mirim, cuja nascente principal se encontra no município de Araçoiaba da Serra, drenando, como o Rio Sarapuí, para Noroeste (CAPELA DO ALTO, 2018).



3.8 Delimitação e definição da Cobertura e Usos da Terra na APP de Capela do Alto

O planejamento do uso da terra ao redor dos cursos d'água é de suma importância para que o pleno desenvolvimento de uma sociedade não as prejudique. Para tanto se faz necessário uma correta utilização dos recursos naturais bem como um bom aproveitamento das áreas de uso. Neste sentido, um bom aproveitamento das áreas de uso implica na não destruição das áreas de preservação permanente (APP's) em torno da hidrografia, haja vista que o uso inadequado do solo gera perdas significativas ao meio ambiente e aumento de áreas conflitivas (NARDINI, 2009).

A conservação dos recursos hídricos se faz necessário mediante, além de outros fatores, a preservação da mata ciliar. Esta é de suma importância para o nível de qualidade da água, pois proporciona a diminuição dos processos de erosão e assoreamento no leito e margem dos rios, o aumento da infiltração das águas provenientes das chuvas para o abastecimento dos lençóis freáticos e a regularização da vazão das águas superficiais pela redução da sua velocidade de escoamento, além de dificultar o despejo de lixo e esgoto nos cursos de água e obstar que os agrotóxicos das lavouras sejam levados pelas águas da chuva aos mesmos, mantendo assim o solo e as águas protegidos (NARDINI, 2009).

Com base nisto, um dos grandes desafios do homem para a conservação ambiental é concentrar esforços e recursos para preservação e recuperação de áreas naturais consideradas estratégicas, das quais vários ecossistemas são dependentes. Dentre essas, destacam-se as Áreas de Preservação Permanentes por serem responsáveis pela manutenção e conservação dos ecossistemas ali existentes (MAGALHÃES & FERREIRA, 2000 *apud* NARDINI, 2009).

Neste sentido, a demarcação geográfica das áreas de APP's destacadas pela lei, e a confrontação desses locais com o seu uso atual, estabelece as medidas a serem adotadas com o objetivo de contribuir com o uso racional das terras, contribuindo para a conservação e preservação destas áreas, sendo legalmente reguladas por um conjunto de normas como o Código Florestal (1965), Resoluções CONAMA 302, 303 (2002), Lei 12651/2012 conhecida como novo Código Florestal e regulamentações específicas de uso e ocupação da terra municipais, as quais estabelecem normas gerais para a proteção da vegetação, áreas de APP, reserva legal, entre outros aspectos (NARDINI, 2009).

De modo geral, o uso adequado das APPs pode promover, para além da preservação de recursos naturais, a melhoria da qualidade de vida dos habitantes, em função de outros benefícios gerados pelo equilíbrio de sua função ambiental (NARDINI, 2009).

A partir da rede de drenagem, as APP's foram definidas ao longo dos cursos d'água da hidrografia de Capela do Alto, sendo utilizada a função *Buffer* em software Arcgis 10.5, numa delimitação de 50 metros para cada lado dos cursos d'água ao longo do leito dos rios e córregos (**Figura 11**). Os Buffers são área de cobertura criadas ao redor de feições como pontos, linhas ou polígonos (JENSEN & EPIPHANIO,2009).

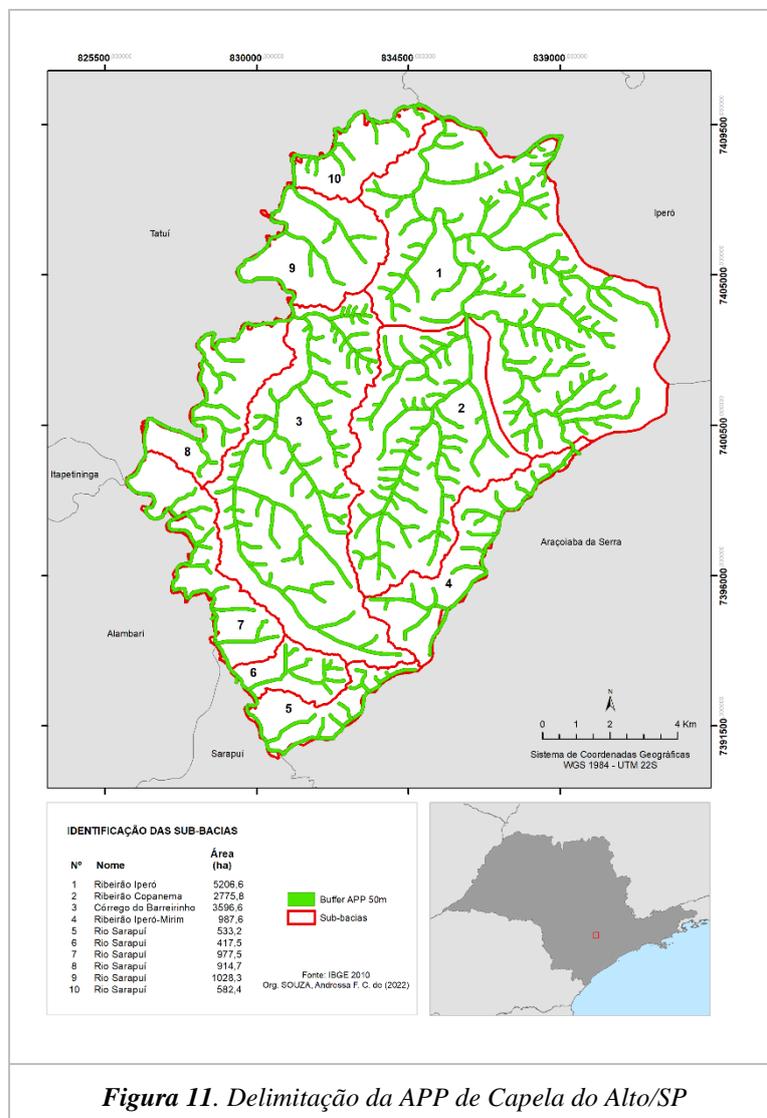


Figura 11. Delimitação da APP de Capela do Alto/SP

Embora esta pesquisa não tenha o objetivo legalista, mas sim de mapeamento das áreas conflitivas a partir dos usos da terra e da cobertura vegetal, a delimitação da área de cobertura da hidrografia em 50 metros se estabelece como análise comparativa a fim de verificar o atendimento à legislação vigente que estabelece os parâmetros de APP em cursos hídricos pela Lei 12651/2012.

3.9 Elaboração do diagnóstico ambiental e modelo síntese de criticidade

3.9.1 Elaboração do Banco de Dados Geográficos

A definição das variáveis ambientais e as prováveis modelagens dos dados geográficos é primeiro passo necessário para criação do modelo computacional por meio de software em ambiente SIG.

A escala em que os dados serão interpretados e analisados é também aspecto imprescindível quando se trata da estruturação do BDG, de modo que se recomenda utilizar variáveis expressas em escalas iguais ou maiores do que a definição da escala do estudo, a fim de evitar interpretações equivocadas da realidade.

Desta forma, a escala de análise aqui estabelecida foi 1:100.000, sendo considerada uma escala média e compatível para diagnóstico ambiental (MARTINES *et al.*, 2020).

Com base neste pressuposto foi elaborado o BDG (Banco de Dados Geográficos) em que foram definidas as categorias dos diferentes modelos de dados em que estão contidos os Planos de Informação (PIs), sendo todas as variáveis ambientais utilizadas organizadas de forma a serem compatíveis com a escala e a fonte de dados utilizadas (**Tabela 05**).

Tabela 6. Planos de Informação utilizados no Banco de Dados Geográficos - BDG

Categoria	Modelo	Escala	Fonte
Declividade	Numérico	1:100.000	Imagem de satélite ALOS PALSAR
Pedologia	Temático	1:500.000	IBGE 2010
APP da hidrografia	Temático	1:100.000	IBGE 2010
Hidrografia	Cadastral	1:100.000	IBGE 2010
Limite	Temático	1:100.000	IBGE 2010
Cobertura e Usos da Terra	Temático	1:100.000	Imagem de satélite ALOS PALSAR

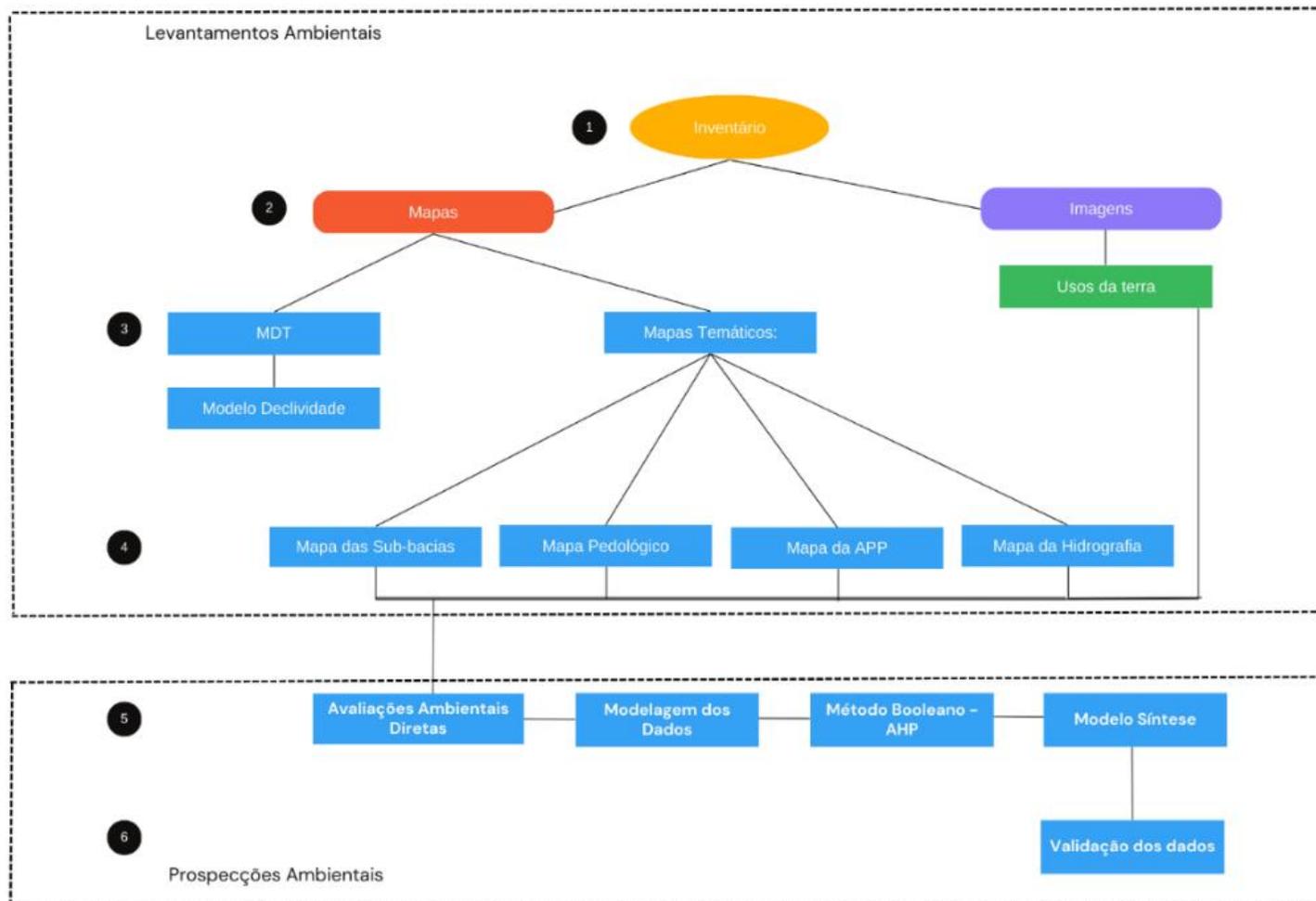
Para elaboração do modelo síntese para o diagnóstico ambiental do município de Capela do Alto em relação à preservação dos recursos hídricos, foram utilizadas quatro variáveis ambientais, sendo três referentes ao meio físico como Declividade, Pedologia e Zonas de influência da hidrografia, e a variável referente à Cobertura Vegetal e Usos da Terra.

O processo do diagnóstico ambiental pode ser dividido em duas etapas com base na proposta metodológica de Xavier (2001), sendo uma em relação ao inventário e a outra em relação a prospecções ambientais:

- Levantamentos ambientais – inventário: compreende a definição de situações existentes e/ou de possível ocorrência; e
- Prognose (prospecções ambientais): são realizadas previsões e simulações ambientais relativas aos problemas ambientais, sendo um procedimento desenvolvido em ambiente SIG, utilizando estruturas lógicas de análise (lógica booleana, por exemplo) de modo a gerar uma avaliação ambiental para a área de estudo, podendo ser classificadas como diretas.

Em relação a este trabalho, o diagnóstico ambiental apresenta as etapas descritas na **figura 12**, em que foram realizadas a etapa de Levantamento Ambiental com a elaboração dos mapas temáticos e topográficos e de usos da terra para posterior etapa da Prognose e geração do modelo síntese a sua validação de dados correspondente.

Figura 12. Diagrama da proposta metodológica para inferência geográfica, Segundo Xavier (2001)



3.9.2 Inferência Geográfica

Para desenvolvimento do modelo de fragilidade ambiental dos recursos hídricos de Capela do Alto/SP, utilizou-se a Inferência Geográfica associado ao uso da técnica Booleano Ponderativo, com a finalidade de realizar previsões por meio de modelo síntese da criticidade para fornecer apoio na tomada de decisão e planejamento de áreas prioritárias para recuperação florestal como medida conservacionista dos recursos hídricos.

A principal proposta se refere a uma combinação de dados espaciais, que possibilita a aplicação de diferentes pesos a cada variável, tendo sua potencialidade expressa na síntese dos dados, sendo representado através de um mapa temático no qual é possível identificar diferentes níveis de criticidade com a geração de modelo síntese da paisagem, cujo objetivo é descrever e analisar interações que possibilitem a previsão através de modelos que forneçam apoio nas tomadas de decisão por especialistas (MARTINES *et al.*, 2020).

A elaboração do diagnóstico ambiental prevê um conjunto de variáveis convergentes e analítico dos dados em ambiente SIG, de modo que possibilite a elaboração de um modelo com uma visão integrada das condições físicas, bióticas e socioeconômicas de um determinado espaço-tempo (CAMARA, 2001 *apud* MARTINES, 2006).

De acordo com Barbosa (1999), a modelagem de dados é possível em ambiente SIG a partir da aplicação da técnica de Álgebra de Mapas, considerada, também, como uma extensão da álgebra tradicional, que possibilita a manipulação de variáveis, constituindo os denominados geo-campos, através de um conjunto de operadores. Neste sentido, cada geo-campo se refere à um diferente atributo daquele espaço geográfico, ou, o mesmo atributo coletado em período distinto.

Nesta pesquisa, o modelo síntese apresenta áreas categorizadas em diferentes níveis de fragilidade em relação aos tipos de coberturas vegetal e usos da terra associados à preservação das APP's, de modo que os usos da terra foram utilizados como principais indicadores de fragilidade para classificação da criticidade ambiental da paisagem do município. As áreas de APP com alta potencialidade à conservação dos recursos hídricos correspondem às áreas com menor criticidade, enquanto as áreas com muito baixa potencialidade correspondem às áreas com maior criticidade na paisagem, sendo

consideradas prioritárias para recuperação e ações de planejamento e manejo ambiental local.

A elaboração do modelo de fragilidade ambiental baseou-se na correlação de 4 (quatro) fatores de análise: usos da terra e cobertura vegetal, zoneamento de influência da hidrografia, modelos de declividade e tipos de solo.

3.9.3 Padronização dos Mapas Temáticos

Por se tratar de tipos de mapas diferentes (qualitativos e quantitativos) foi necessário realizar a padronização dos mesmos para um intervalo comum a fim de ser possível a interação dos dados, neste caso, a transformação dos dados de planos vetoriais (temáticos) para matriciais (numéricos), para então prosseguir com a aplicação da Álgebra de Mapas por meio do Modelo Booleano para análise de multicritérios que apresenta como resultado um mapa síntese que expressa o grau de importância relativa em função de um rank – valores numéricos assumidos para cada classe (MARTINES, 2006).

A aplicação do conceito de inferência geográfica pressupõe a transformação dos PI's (Planos de Informação) vetoriais em matriciais, objetivando associar as células das matrizes a valores para que seja possível a aplicação da álgebra entre os mapas por meio de operações aritméticas, tendo como resultado a integração dos dados em um único modelo síntese (MARTINES *et al.*, 2020). Para executar a álgebra de mapas é necessário que os PI's sejam modelos numéricos, em que os atributos expressos em qualidades, enquanto um modelo vetorial (classes dos temas), sejam transformados (padronizados) em valores (números), ou seja, um PI matricial. A **figura 13** ilustra como esse processo de padronização ocorre.

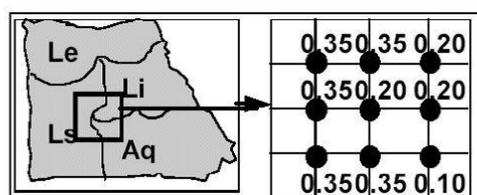


Figura 13. Exemplo de padronização de mapa vetorial para matricial
Fonte: SPRING 1996 (*apud* MARTINES *et al.*, 2020)

Questão central na aplicação da álgebra de mapas é a necessidade de estabelecer um valor adequado para cada dado qualitativo em função do resultado a ser alcançado, de modo que essa avaliação é fundamental para a pesquisa e demanda participação direta do pesquisador na padronização do modelo para obtenção de um bom produto que irá expressar o fenômeno estudado (MARTINES *et al.*, 2020).

A elaboração do modelo de fragilidade ambiental está pautada na fundamentação teórica de Ross (1994), em que pressupõe que a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, solo, usos da terra e clima, de modo que a modelagem dos dados deste trabalho e ponderação dos valores numéricos e correlações da paisagem para as variáveis declividade, zonas de influência da hidrografia e solo se deu a partir da adaptação dos modelos propostos por Ross (1994).

Para os tipos de usos da terra e cobertura vegetal, a ponderação das variáveis se deu a partir de metodologia empírica de avaliação, mediante consulta a especialistas, profissionais e acadêmicos da área, através de questionário online disponibilizado pela plataforma Google Forms (<https://forms.gle/gNLqA19CZH8wpX6T9>), para a determinação de um ranking a partir de valor numérico ordenado, sendo que para as todas as variáveis os valores numéricos foram ponderados considerando os índices indicados na literatura.

A pesquisa foi distribuída entre (15) quinze pesquisadores especialistas e profissionais envolvidos com a temática, previamente selecionados através de sites de instituições acadêmicas, órgãos públicos e organizações não governamentais, como a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de Sorocaba (UNISO), Comitê de Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT) e Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba (SAAE Sorocaba).

Cada avaliador indicou o grau de impacto de cada classe de uso da terra atribuindo um ranking no intervalo de 1 a 10, sendo o valor 1 para a variável de menor impacto e o valor 10 para a variável com elevado grau de impacto à conservação do recurso hídrico. O formulário ficou disponibilizado por um período de 20 (vinte) dias. Participaram da pesquisa 04 (quatro) profissionais da área, entre professores, pesquisadores e especialistas que trabalham temáticas direcionadas à área ambiental (**Figura 14**).

e) Para as áreas com uso da terra classificado como **CAMPO LIMPO**, qual o grau de impacto * ao recurso hídrico?

ATENÇÃO! O intervalo corresponderá de 1 a 10, sendo o número 1 de pouco impacto e o número 10 de muito impacto.

CLASSE	DESCRIÇÃO	AMOSTRA DE IMAGEM
Campo limpo	Áreas cobertas por vegetação de gramíneas sem uso definido, compreendendo áreas de pastagem	

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Figura 14. Modelo do formulário aplicado aos especialistas

Neste sentido, para as todas as variáveis os valores numéricos foram ponderados considerando os índices indicados na literatura.

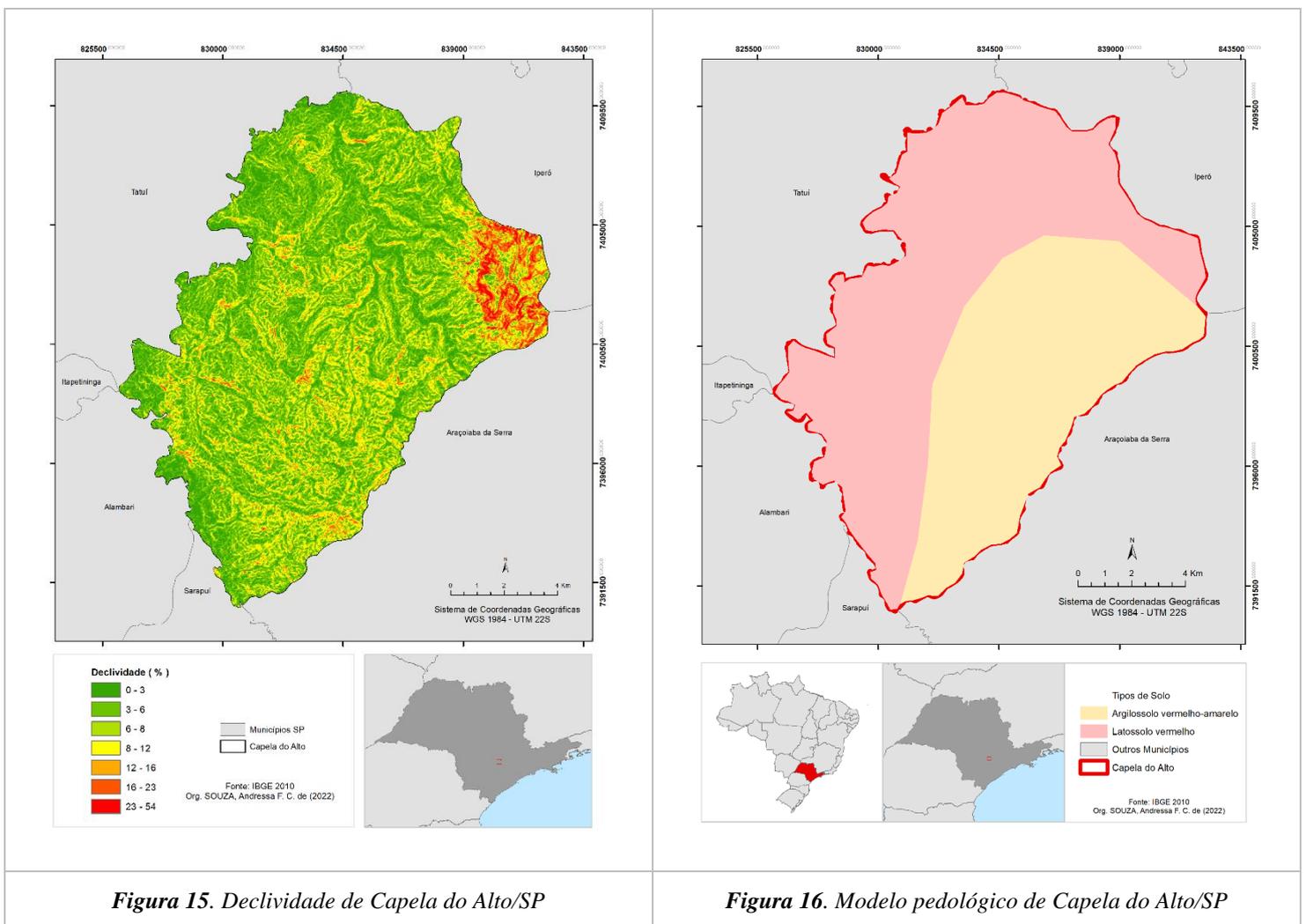
A variável declividade (**Figura 15**) foi obtida diretamente do MDE em ambiente SIG, a declividade é extraída de valores do pixel de uma imagem sendo que o cálculo da declividade é realizado com base nos valores altimétricos dos pixels adjacentes (DUNN; HICKEY, 1998).

Assim, para a declividade, aos índices mais acentuados foram aplicadas as maiores notas, enquanto aos demais foram aplicados os valores mais baixos em relação a potencialidade de fragilidade do recurso hídrico, considerando que relevos com declividade acima de 45% necessitam de ações conservacionistas da cobertura vegetal, sendo estas áreas mais suscetíveis a processos erosivos de forma constante e intensa (EMBRAPA, 2006).

A variável solo foi obtida do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (IBGE, 2006) e incorporada dentro do BDG. Os critérios para a variável solo consideram questões de características da textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade dos horizontes. Tais características estão diretamente relacionadas ao aspecto

relevo, litologia e clima, fatores determinantes das características físicas e químicas dos solos (ROSS, 1994).

Com base nisto, os valores da variável solo (**Figura 16**) foram ponderados considerando as classes de fragilidade ou erodibilidade, considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais propostas por Ross (1994), sendo o menor valor numérico ao Latossolo com baixo fragilidade, enquanto um maior valor numérico ao Argissolo, considerando um índice forte de fragilidade.



A variável que corresponde ao zoneamento de influência da hidrografia (**Figura 17**) considera 5 (cinco) classes de distanciamento do corpo hídrico: 30m, 60m, 90m, 120m, 150m, sendo atribuído tabela classificatória de 1 a 5, de modo a analisar a preservação da cobertura vegetal e interpretação dos tipos de usos da terra neste perímetro, em que o maior valor numérico aplicado até 30m considera que há um maior impacto e fragilidade para o recurso hídrico e assim consecutivamente.

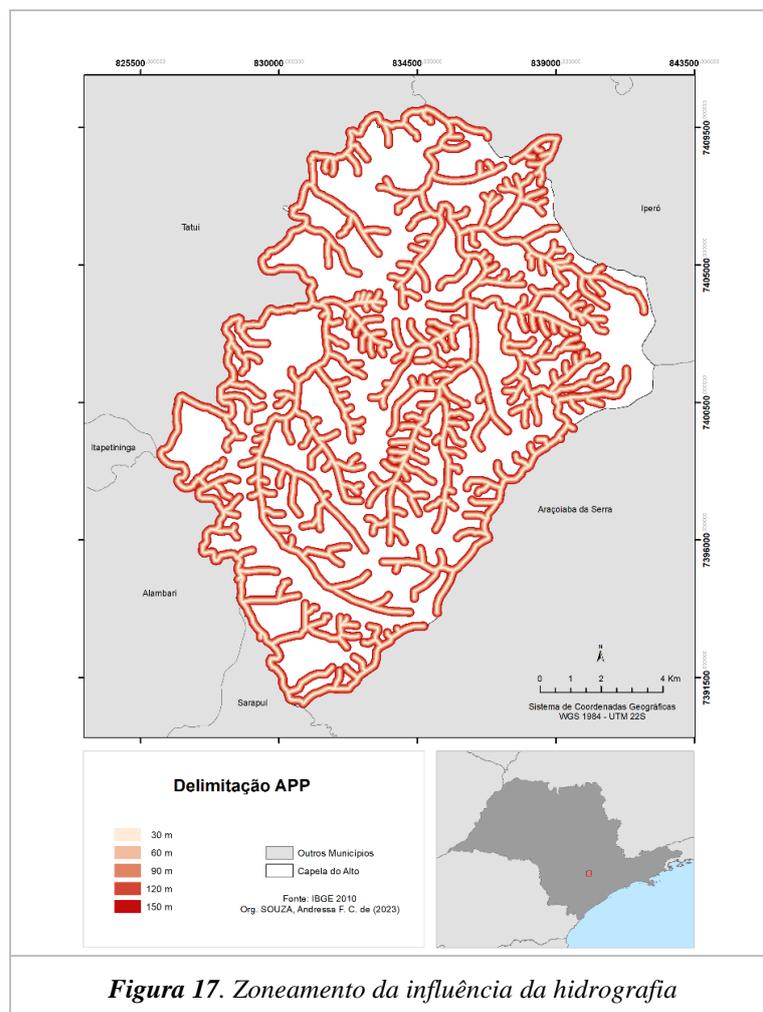
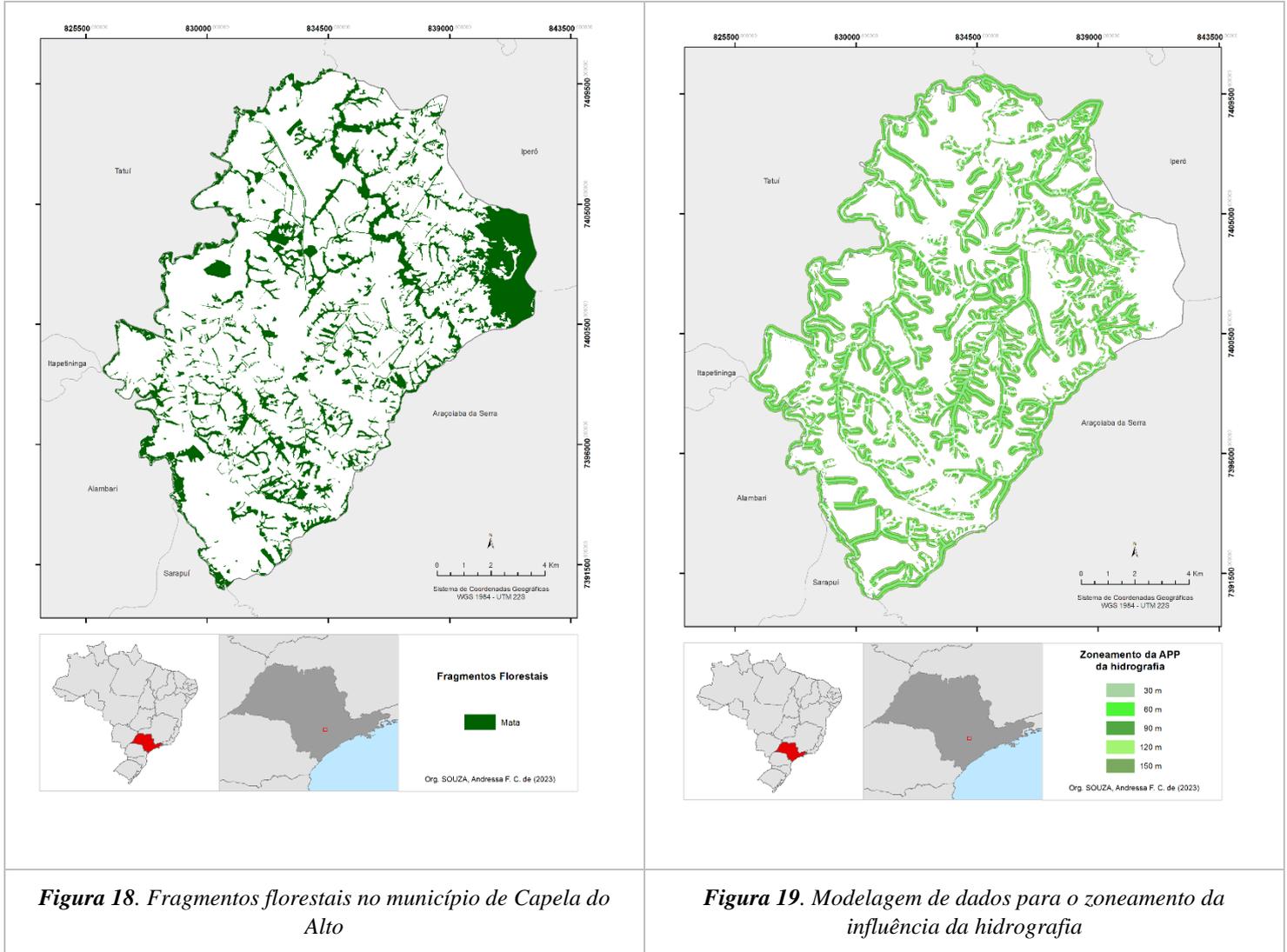


Figura 17. Zoneamento da influência da hidrografia

Para adequação da modelagem de dados, a partir do modelo dos fragmentos florestais do município (**Figura 18**), foi necessário realizar um “recorte” no mapa do zoneamento da influência da hidrografia, para que quando da realização da álgebra de mapas, o modelo considere em pesos diferenciados as áreas que não apresentam cobertura vegetal.

A representação da modelagem é apresentada na **Figura 19**, a qual foi utilizada na aplicação da álgebra de mapas.



Os rankings foram organizados em tabela única e adotou-se média aritmética simples como referência de cada classe temática (**Tabela 6**).

Tabela 7. Avaliação qualitativa/quantitativa das variáveis ambientais

Tema	Sigla	Valor	Tema	Sigla	Valor
Usos	Água	1	Declividade	< 3	1
	Mata	1		3 a 6	2
	Reflorestamento	3		6 a 12	4
	Área de chácaras	5		12 a 20	5
	Presídio	5		20 a 30	7
	Via não asfaltada	5		30 a 50	9
	Residencial não adensado	6		> 50	10
	Agroindustrial	7	Solo	Latossolo vermelho	2
	Via asfaltada	7		Argilossolo vermelho-amarelo	7
	Urbano adensado	8	Zoneamento de influência da hidrografia	30 m	10
	Campo agrícola	9		60 m	8
	Cemitério	9		90 m	6
	Mineração	9		120 m	4
	Campo limpo	10		150 m	2
	Solo exposto	10		no data	1

Definida a mensuração das variáveis ambientais, procedeu-se a transformação dos PIs em matrizes (modelos numéricos) de acordo com o **Quadro 03**, o qual apresenta os dados incorporados ao BDG.

Os modelos que não apresentavam variáveis vetoriais foram reclassificados em numéricos e transformados em matrizes. A resolução espacial (célula ou pixel) foi definida no tamanho de pixel em 5 x 5 metros, estando em concordância com o tamanho do pixel da imagem de satélite ALOS PALSAR utilizado para a elaboração do mapa de cobertura vegetal e usos da terra. A partir da geração dos modelos é possível aplicar a álgebra de mapas.

Variável ambiental	Tipo	Padronização
Pedologia	Vetor	Numérico
Cobertura e Usos da Terra	Vetor	Numérico
Zoneamento da influência da Hidrografia	Vetor	Numérico
Declividade	Numérico	Numérico

Quadro 3. Padronização dos Mapas para o Modelo Numérico

3.9.4 O Modelo Booleano Ponderativo e Execução da Álgebra de Mapas

O mapeamento digital possibilita a execução de operações em múltiplos mapas, de modo que a combinação de modelos convergentes tem sido modelada ao longo dos anos pela superposição de mapas convencionais. A Lógica Booleana é uma das técnicas mais utilizadas que permite a extração de diversas informações mapeadas, em que os operadores são regras algébricas com base nos atributos de pertinência espacial das variáveis representadas no BDG (XAVIER *apud* MARTINES, 2006).

O Booleano Ponderativo se refere a método baseado na combinação de dados na forma numérica que possibilita a aplicação de diferentes pesos a cada variável, tendo sua potencialidade expressa na síntese dos dados, sendo representado através de um mapa temático no qual é possível identificar diferentes níveis de criticidade. Envolve combinação lógica de mapas, em que cada qual pode ser entendido como um Plano de Informação (PI) e, estes vários PIs são combinados para efetuar uma sobreposição e avaliação (MARTINES, 2006; MARTINES *et al.*, 2020).

A modelagem de dados nesta etapa de pesquisa possibilita realizar análises decorrentes dos testes e execução da álgebra de mapas de modo a determinar se as evidências estão de acordo com a hipótese objeto de estudo. Trata-se, portanto, de uma abordagem técnica que abarca facilidade e simplicidade na sua aplicação (MARTINES, 2006)

Para uma análise multicritérios, em que cada mapa de entrada é utilizado como uma evidência e as classes recebem peso segundo a importância e potencialidade para objeto do estudo, aplica-se a técnica do Modelo Booleano Ponderativo. Refere-se a soma linear dos mapas de interesse, ponderando pelo número de temas, que resultará no modelo síntese, expresso em grau de importância relativa para cada classe. Aplicou-se, portanto, a técnica do Booleano Ponderativo, com maiores pesos respectivamente para o Mapa da Cobertura Vegetal e Usos da Terra, Zoneamento de influência da hidrografia, Declividade e Pedologia, com a álgebra expressa conforme **figura 20**.

$$MR = (MCUT * 0,40) + (MAPP * 0,25) + (MD * 0,25) + (MP * 0,10)$$

MR = Matriz Resultante
 MCUT = Modelo Cobertura e Usos da Terra
 MAPP = Modelo APP da hidrografia
 MD = Modelo Declividade
 MP = Modelo Pedologia

Figura 20. Álgebra aplicada no Modelo Booleano Ponderativo

Abaixo as etapas para aplicação da álgebra de mapa através do software SIG para obtenção de um geo-campo destino, possibilitando a espacialização e análise da criticidade das APPs no município de Capela do Alto em relação ao potencial de conservação dos recursos hídricos:

- I. Shape dos modelos Cobertura e Uso da terra, APP da Hidrografia, Declividade e Pedologia;
- II. Conversão dos arquivos em formato vetorial para arquivo raster;
- III. Reclassificação dos modelos em conformidade aos pesos atribuídos;
- IV. Cálculo da álgebra para soma das variáveis, multiplicados pelos devidos pesos ponderados, gerando um geo-campo destino, ao nível de potencial de conservação dos recursos hídricos, possibilitando a extração de informações à análise.

Como resultado da álgebra de mapas, foi obtido um modelo sintético por meio da aplicação do conceito de inferência geográfica, o qual pode ser representado através de um mapa temático com classes, as quais geram um incremento ao produto, de modo a agregar valor na perspectiva da interpretação dos resultados (**Figura 21**).

Os intervalos para cada classe dentro da distribuição dos dados foram estabelecidos pelo método de *Jenks – Natural Breaks*, método que procura as grandes lacunas no universo dos dados ou quebras de classe que classificam os dados maximizando a diferença entre classes e minimizando as diferenças dentro das classes (MARTINES *et al.*, 2020).

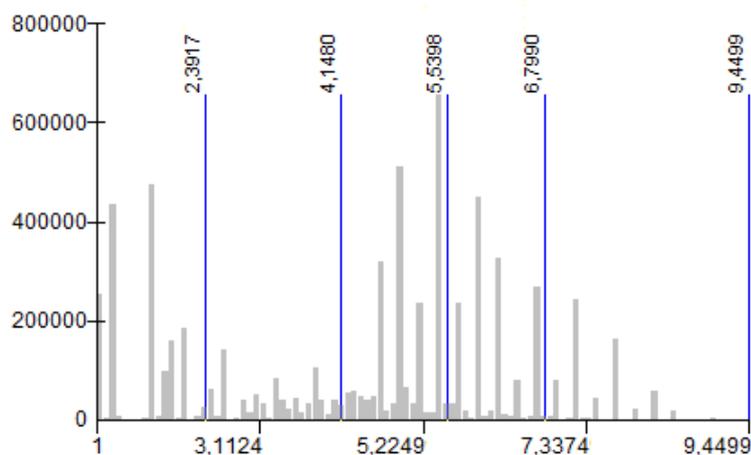


Figura 21. Histograma da distribuição do modelo numérico da fragilidade ambiental

A partir da definição dos intervalos, os limites numéricos foram substituídos por indicativos qualitativos com a finalidade de facilitar a interpretação dos resultados, sendo as classes categorizadas como: Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa fragilidade ambiental.

3.9.5 Análise da paisagem

Foi realizada a partir da sobreposição do modelo de fragilidade ambiental e intersecção com a camada de dados referente às sub-bacias delimitadas no município de Capela do Alto, através de algoritmos do software SIG, o que possibilitou a caracterização da situação da paisagem nas APPs em relação à sua potencialidade de conservação dos recursos hídricos e, assim, identificar e analisar a espacialização das áreas mais críticas a partir da análise e comparação entre as unidades das sub-bacias.

3.10 Análise dos Dados

De modo a definir um método capaz de garantir que o procedimento aplicado possa fornecer subsídios para a tomada de decisão em certo grau de confiança, uma busca por processos que definam critérios capazes de inferir sobre a acurácia da análise, Garcia-Marques (1997) ressalta a importância de uma linha orientadora na adequação da validação dos dados, considerando que o delineamento de um estudo está diretamente relacionado com a sua análise e tratamento estatístico.

Para tanto, foi utilizado método estatístico para medir o resultado do diagnóstico ambiental gerado por meio do mapa de fragilidade, o qual teve o propósito de evidenciar o quanto as classes definidas através do método de Jenks – Natural Breaks foram eficientes, com a finalidade de garantir que as classes e unidades de sub-bacias representem uma unidade em si e sejam diferentes entre elas.

Os dados de área foram extraídos através da tabela de atributos dos arquivos geográficos, organizados com tratamento estatístico descritivo e confecção de tabelas e gráficos utilizando o programa Microsoft Excel, facilitando a visualização das informações, a descrição e análise primária dos resultados.

A análise descritiva dos dados de usos da terra e cobertura vegetal se deu a partir da aplicação de modelos estatísticos como Cluster e a geração de dendrogramas para análise de similaridades e dissimilaridades, assim como do PCA – Análise dos Principais Componentes.

O PCA objetiva uma análise de correspondência exploratória das variáveis, o que possibilita examinar as relações entre todas as categorias de ambas as variáveis. Deste modo, categorias com localização próxima na projeção plana têm relação mais forte do que as separadas por distâncias maiores. Ou seja, tem por objetivo encontrar um meio de condensar a informação contida em um número de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação (BATISTA *et al.*, 2004; HAIR JR *et al.*, 2005).

Ainda nesta perspectiva, segundo os autores, categorias com localização próxima na projeção plana têm relação mais forte do que as separadas por distâncias maiores. Ou seja, quando se encontram em posições próximas no mapa de análise de correspondência, sugere que, independentemente de seus conteúdos, elas podem ser consideradas iguais no que tange a distribuição de massas do total das observações realizadas. Importante salientar, também, que este modelo de análise tem natureza descritiva, portanto, não comporta inferências de causa e efeito, de modo que oferece informações de contraste entre relações de categorias de variáveis e, portanto, uma relação mais forte entre duas categorias em comparação com outras relações não pressupõe efeitos de uma sobre a outra (BATISTA *et al.*, 2004).

A análise de cluster (agrupamento) tem como objetivo reunir por algum critério de classificação, os objetos ou parcelas de uma amostra da população estudada, de forma a minimizar as diferenças entre as parcelas em estudo dentro do agrupamento (cluster), e maximizar as diferenças entre as parcelas de agrupamentos diferentes, foi utilizado o coeficiente de Bray-Curtis com o intuito de verificar a similaridade entre as diferentes sub-bacias (ALBUQUERQUE, 2013).

Para compreender o padrão de similaridade entre as sub-bacias de Capela do Alto em relação à cobertura vegetal e usos da terra, foi aplicada a abordagem Clustering Hierárquico, o qual evidencia as alta similaridade aos elementos classificados no mesmo cluster e baixa similaridade aos elementos pertencentes a cluster diferente.

Em relação à análise dos dados referentes ao diagnóstico ambiental, aplicou-se o teste de ANOVA, o qual utiliza as variâncias para determinar se as medidas são diferentes entre os grupos categorizados. Trata-se de um modelo estatístico que se define pela amostragem de uma variável aleatória contínua, com distribuição normal e número fixo de grupos, os quais podem ser definidos por um só fator ou mais, a depender da consideração simultânea de mais dimensões. (GARCIA-MARQUES 1997).

O método ANOVA funciona por meio de comparação da variância entre médias de grupos em comparação a variância dentro dos grupos, permitindo, desta forma, determinar se os grupos são todos partes de uma população maior ou de populações distintas com características diferentes (MARTINES *et al.*, 2020).

Para avaliação da distribuição de normalidade, foi aplicado o teste de normalidade dos dados, sendo avaliado por meio dos testes Shapiro-Wilk, com objetivo de fornecer inferência estatística para avaliar se a distribuição tem um comportamento normal. No caso de um resultado em que valor de p maior que 0,05 a hipótese nula é aceita haja vista que se considera que os dados seguem uma distribuição normal.

Neste caso, o teste de distribuição de normalidade demonstra que a variável criticidade ambiental não apresenta distribuição normal, evidenciando o valor de $p < .001$ (**Tabela 7**).

Tabela 8. Distribuição de normalidade através da aplicação do teste Shapiro-Wilk

Normality Test (Shapiro-Wilk)		
	W	p
m ²	0.467	< .001

Note. A low p-value suggests a violation of the assumption of normality

O pressuposto de homogeneidade de variância foi avaliado por meio da aplicação do teste de Levene ao conjunto de dados para verificar a homogeneidade da variância (**Tabela 8**). Os dados apresentam evidência para rejeitar a hipótese de igualdade de variâncias, pois o teste de Levene evidencia que os grupos não apresentam homogeneidade de variância [Levene (9,1083) = 12,8 $p < .001$].

Tabela 9. Homogeneidade da variâncias através da aplicação do teste Levene

Homogeneity of Variances Test (Levene's)				
	F	df1	df2	p
m ²	12.8	9	1083	< .001

Os resultados descritivos das diferenças entre os grupos encontram-se na **tabela 9**, em que são destacados os valores de N, Média da Variância, Desvio Padrão (SD) e Erro Padrão (SE).

Tabela 10. Estatísticas descritivas da criticidade ambiental das sub-bacias de Capela do Alto

Group Descriptives					
	Sub bacia	N	Mean	SD	SE
m ²	1	174	298966	733144	55580
	2	132	210301	525580	45746
	3	90	109470	292804	30864
	4	150	239768	645670	52719
	5	91	58379	114926	12047
	6	95	43892	80946	8305
	7	83	117503	241482	26506
	8	94	97122	282471	29135
	9	90	114085	276349	29130
	10	94	61714	179095	18472

4 RESULTADOS

O resultado da interpretação das imagens produziu o Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e a sobreposição com as unidades de Sub-bacias definidas (**Figura 22**).

O resultado da sistematização da Cobertura e Usos da Terra destaca as classe **campo limpo** ocupando aproximadamente **40%** do território, seguida da classe **mata** com **20%** e ainda destacamos a presença de área urbanas e mineração. É possível destacar que um pouco mais de um terço (1/3) é ocupado por campo limpo no território do município.

Em linhas gerais, a análise da paisagem no município de Capela do Alto possibilita observar que as sub-bacias apresentam um comportamento distinto. As áreas urbanas, em sua maior porção, estão concentradas na região central do município e espacializadas, em menor concentração, porém relativamente em destaque, entre os eixos norte – leste – sul. As áreas de campo limpo e solo exposto são predominantes no território, estando presente em praticamente todas as sub-bacias, enquanto as classes de vegetação são evidenciadas de maneira fragmentada e muito restritas à delimitação de mata ciliar, assim como pequena porção destinada ao reflorestamento na região norte e noroeste do município.

Na análise individual das sub-bacias, os dados apresentam a classe água em todas as sub-bacias, entre 1,545 a 13,131%, enquanto em relação aos fragmentos florestais, corresponde ao intervalo entre 31,846 a 54,351% também presente em todas as unidades, sendo as sub-bacias 02, 03 e 06 as unidades com índice inferior a 40%, as quais estão delimitadas, na sua porção maior ao centro e uma porção ao sul do município caracterizando-se também, pelas unidades de sub-bacias com maior percentual de classificação como residenciais e urbano adensado, num intervalo entre 1,404 a 7,959% .

As áreas mapeadas destinadas ao reflorestamento têm sua maior porção localizada na sub-bacia 10, correspondendo a 33,659% de área, enquanto as demais unidades somam-se 26,501%, localizadas nas sub-bacias 1, 2, 3, 4, 8 e 9, ou seja, fragmentadas e especializadas pelo município, entretanto, com pequenas porções localizadas na delimitação das referidas sub-bacias. Concomitante a isso, as áreas mapeadas como solo exposto apresentam índices entre 1,986 e 12,948%, sendo o menor percentual na sub-bacia 10, a qual

tem um índice alto para reflorestamento, e o maior índice de solo exposto na sub-bacia 8, com 27,607% de campo limpo, contudo, com 45,422% de mata.

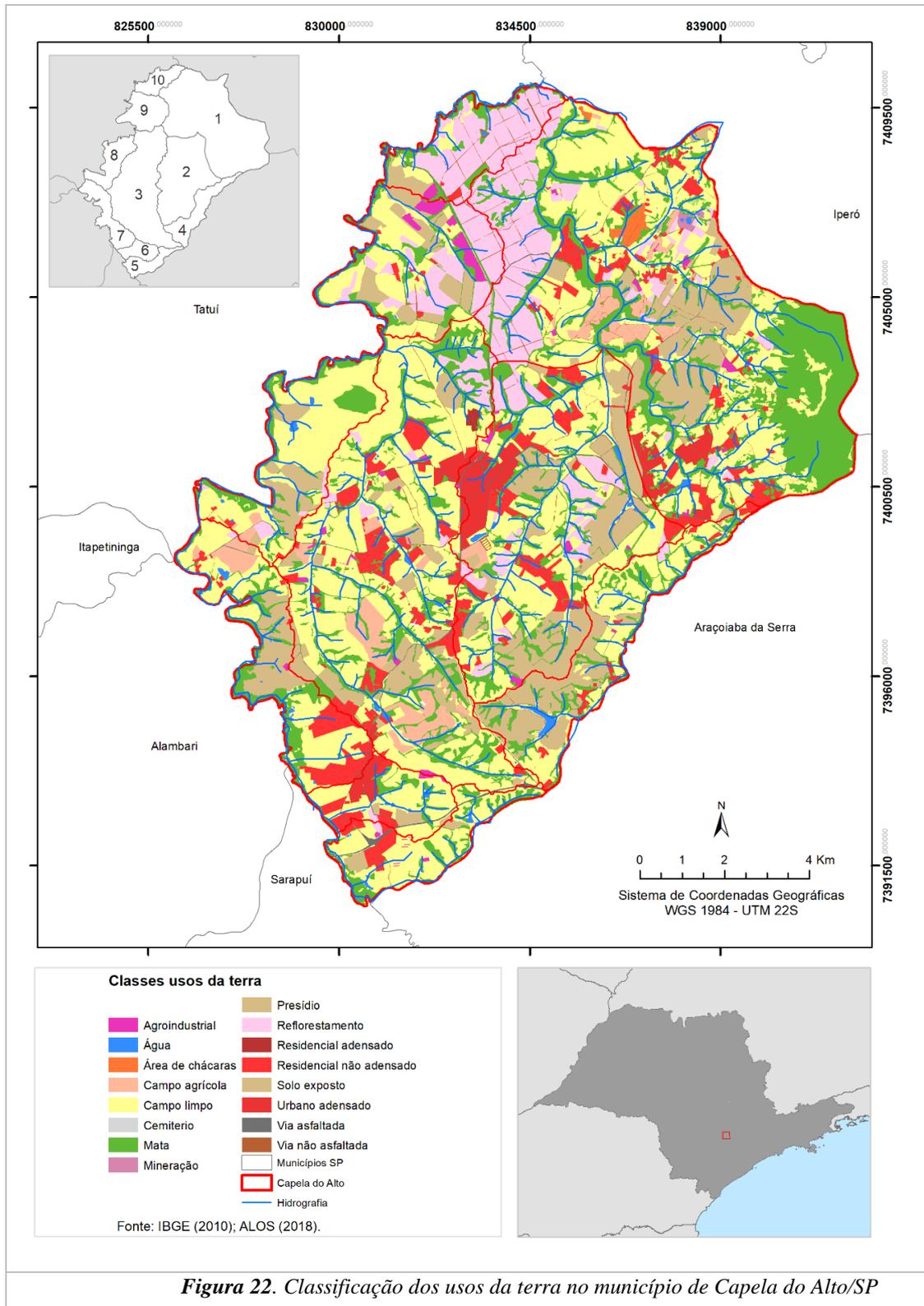


Figura 22. Classificação dos usos da terra no município de Capela do Alto/SP

A análise dos resultados num contexto geral do município evidencia as classes campo limpo e solo exposto como predominante em todas as sub-bacias da área de estudo, de forma espacializada no território, conforme apresentado na **Tabela 10**.

Tabela 11. Classificação dos usos da terra no município de Capela do Alto

Classes	Área (%)
Campo limpo	39,001
Mata	20,809
Solo exposto	14,715
Reflorestamento	9,733
Residencial não adensado	6,957
Campo agrícola	2,799
Urbano adensado	2,314
Água	0,958
Via asfaltada	0,819
Industrial	0,788
Via não asfaltada	0,662
Área de chácaras	0,271
Presídio	0,090
Mineração	0,074
Cemiterio	0,009

A representação gráfica dos resultados (**gráfico 01**) permite observar a distribuição dos valores em destaque das classes campo limpo, mata e solo numa análise linear da estruturação da paisagem de Capela do Alto/SP.

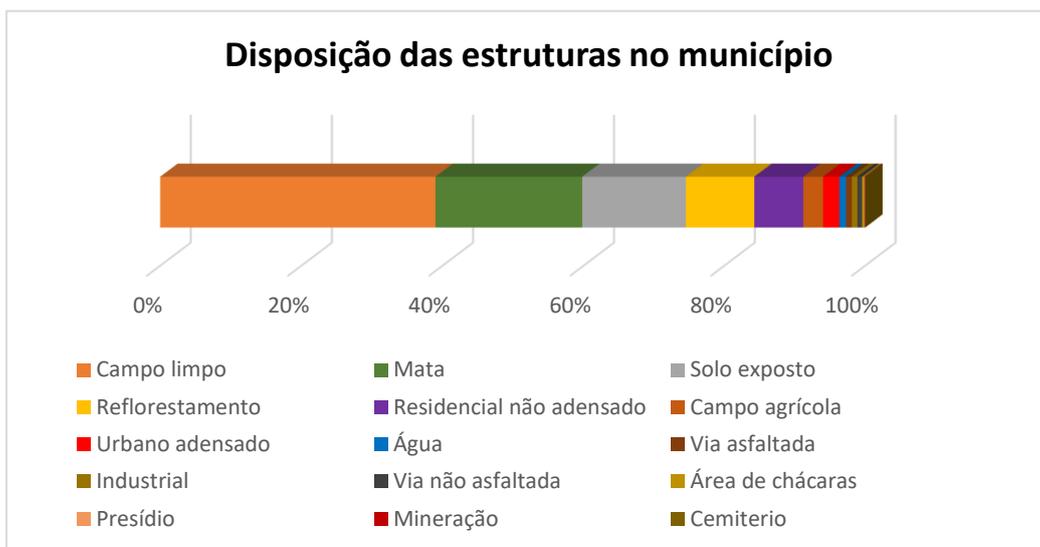


Gráfico 1. Estruturação das classes de usos da terra de Capela do Alto/SP

O gráfico 2 e tabela 11 apresentam a distribuição dos valores das classes por sub-bacias evidenciando-se as classes campo limpo e solo exposto como predominante.

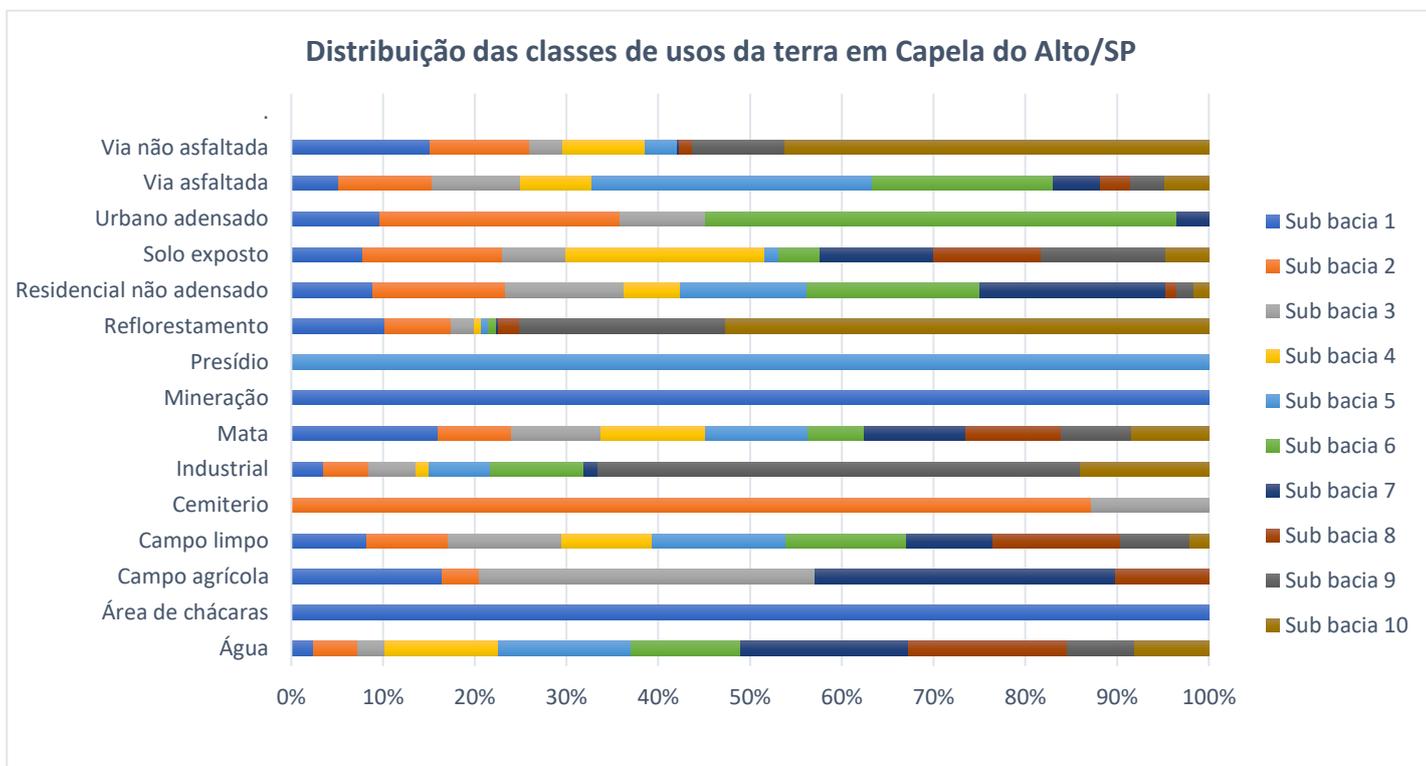


Gráfico 2. Conjunto com a classificação dos usos da terra por sub-bacias

Tabela 12. Classificação dos usos da terra nas sub-bacias do município de Capela do Alto

Classes	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
	Sub-Bacia 1		Sub-Bacia 2		Sub-Bacia 3		Sub-Bacia 4		Sub-Bacia 5		Sub-Bacia 6		Sub-Bacia 7		Sub-Bacia 8		Sub-Bacia 9		Sub-Bacia 10	
Água	19,2125	0,368	20,4313	0,736	15,9919	0,445	18,5083	1,874	11,6747	2,192	7,5866	1,814	27,1369	2,779	23,8953	2,616	11,5081	1,120	7,1468	1,228
Área de chácaras	46,1867	0,885		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Campo agrícola	151,2084	2,899	20,2346	0,729	232,1347	6,457		0,000		0,000		0,000	56,5979	5,795	16,3339	1,788		0,000		0,000
Campo limpo	1718,6153	32,944	987,0050	35,567	1781,2894	49,546	386,9559	39,181	309,9961	58,199	219,4860	52,483	369,5683	37,840	507,8949	55,607	311,9085	30,349	47,5300	8,165
Cemiterio		0,000	1,2424	0,045	0,2367	0,007		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Industrial	20,1469	0,386	14,7869	0,533	20,0248	0,557	1,5664	0,159	3,8500	0,723	4,5977	1,099	1,6658	0,171		0,000	58,6506	5,707	8,8539	1,521
Mata	1525,8936	29,250	406,7392	14,657	644,0436	17,914	205,5382	20,812	108,6517	20,398	46,9171	11,219	197,3933	20,211	173,6759	19,015	144,5019	14,060	89,4596	15,368
Mineração	12,5274	0,240		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Presídio		0,000		0,000		0,000		0,000	15,3924	2,890		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Reflorestamento	631,4943	12,105	234,9902	8,468	109,9504	3,058	8,3243	0,843	4,7024	0,883	4,6485	1,112	2,7101	0,277	24,0719	2,636	273,9982	26,661	362,2450	62,228
Residencial não adensado	307,4032	5,893	267,8831	9,653	309,3031	8,603	40,5600	4,107	48,7779	9,158	52,5428	12,564	131,4515	13,459	7,6181	0,834	12,7037	1,236	6,2968	1,082
Solo exposto	594,9976	11,405	615,3710	22,175	366,0636	10,182	312,4434	31,636	11,7970	2,215	27,4224	6,557	177,4220	18,166	155,9971	17,079	203,6693	19,817	40,0975	6,888
Urbano adensado	109,7374	2,104	157,6800	5,682	72,4870	2,016		0,000		0,000	46,5763	11,137	7,4755	0,765		0,000		0,000		0,000
Via asfaltada	27,4166	0,526	29,0044	1,045	35,0630	0,975	7,9003	0,800	16,6093	3,118	8,4250	2,015	5,0970	0,522	3,0082	0,329	4,0188	0,391	2,8184	0,484
Via não asfaltada	51,9315	0,995	19,6910	0,710	8,6139	0,240	5,8203	0,589	1,1994	0,225		0,000	0,1539	0,016	0,8649	0,095	6,7664	0,658	17,6730	3,036
Total Geral	5216,7714	100,00	2775,0591	100,00	3595,2021	100,00	987,6172	100,00	532,6509	100,00	418,2024	100,00	976,6722	100,00	913,3602	100,00	1027,7255	100,0	582,1211	100,0

Numa perspectiva da relação entre a Cobertura Vegetal e Usos da Terra na APP das sub-bacias, o mapeamento é apresentado na **figura 23**.

A partir da análise visual do mapeamento e o resultado dos dados apresentados, observa-se o predomínio das classes mata (41%), campo limpo (35%), solo exposto (8%), áreas urbanas e ocupações humanas (somando aproximadamente 6%), reflorestamento (5%) e campo agrícola (aproximadamente 1%), como as classes predominantes na delimitação de APP do município de Capela do Alto/SP.

A análise das classes de Cobertura e Usos da Terra na APP das Sub-bacias é apresentado na **tabela 13**, destaca-se que a classificação campo limpo foi identificada em todas as sub-bacias, correspondendo ao índice entre 8,165 e 58,199%, sendo o menor percentual localizado na sub-bacia 10, a qual tem sua maior área de uso na APP destinada também ao reflorestamento (62,228%).

Já o maior índice de 58,199% de campo limpo está localizado na sub-bacia 5 ao sul de Capela do Alto, e com rede de drenagem direcionada ao Rio Sarapuí, contudo, todas as demais sub-bacias, apresentam índices entre 30,349 e 55,607%, sendo um dado considerado de muita relevância e atenção para os estudos.

Quanto aos dados de áreas classificadas como residencial e urbano adensado na APP, estas somam-se índices entre 0,834% (sub-bacia 10) a 23,701% (sub-bacia 6), sendo que as sub-bacias com maiores índices são as sub-bacias 2 (15,335%), 3 (10,619%), 6 (23,701%) e 7 (14,225%), localizadas na região central e sul do município.

A classificação das áreas com solo exposto na APP da hidrografia apresentou índices considerados altos, de até 31,636% na sub-bacia 4, seguida da sub-bacia 2 com 22,175% e a sub-bacia 9 com 19,817%, sendo a sub-bacia 5 com o menor índice mapeado, correspondente a 2,215%, a qual também apresentou o maior índice de campo limpo (58,199%).

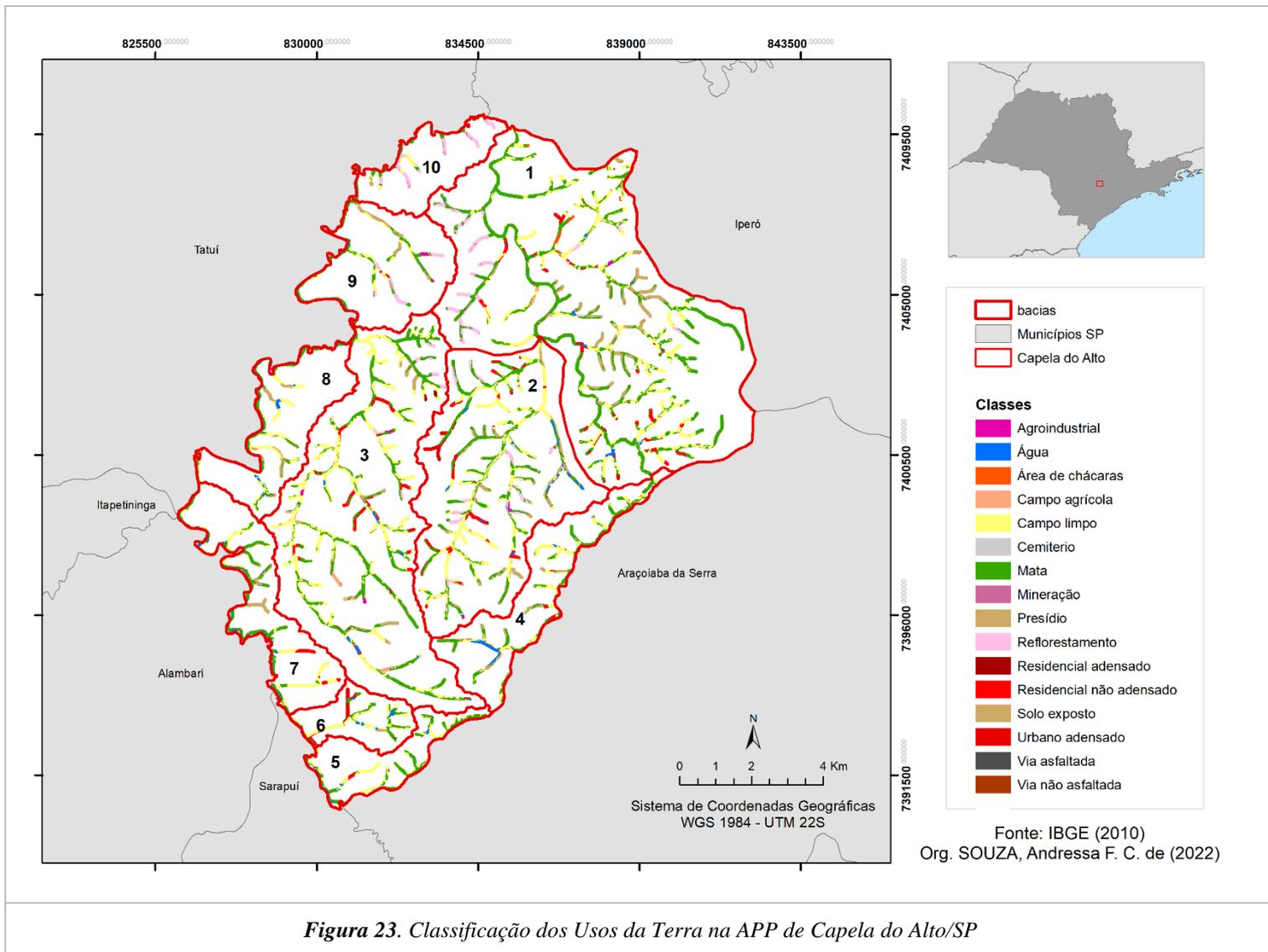


Figura 23. Classificação dos Usos da Terra na APP de Capela do Alto/SP

A análise dos resultados para as classificações de usos da terra na APP, evidencia as classes mata (41%), campo limpo (34%) e solo exposto (7%) como predominante na área de estudo (**Tabela 12**).

Tabela 13. Distribuição dos usos da terra na delimitação da APP da hidrografia

Classes	Total Geral	
	Área (Km ²)	%
Mata	14.825,0	41,560
Campo limpo	12.407,7	34,784
Solo exposto	2.723,3	7,634
Reflorestamento	1.654,2	4,637
Residencial não adensado	1.512,9	4,241
Água	1.501,0	4,208
Residencial e urbano adensado	326,1	0,914
Campo agrícola	251,4	0,705
Via não asfaltada	142,3	0,399
Industrial	133,7	0,375
Via asfaltada	116,3	0,326
Área de chácaras	65,0	0,182
Mineração	6,8	0,019
Presídio	3,624	0,010
Total	35.671,0	100,0

O **gráfico 03** apresenta as classes de Cobertura e Uso da Terra onde é possível constatar o destaque da classe campo limpo em relação às demais classificações, assim como ocorre a presença de áreas de reflorestamento, solo exposto, mata e áreas residenciais como as classes predominantes na APP do município.

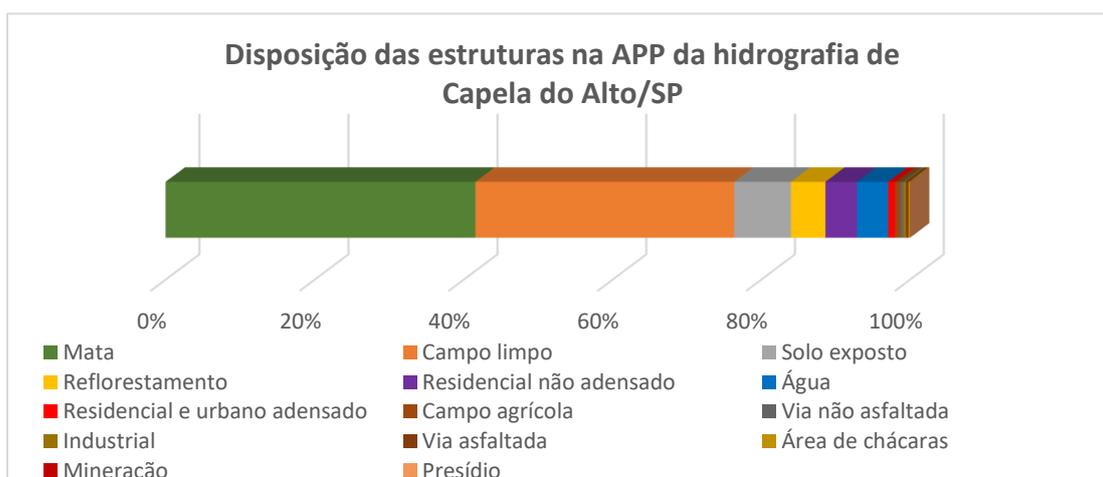


Gráfico 3. Disposição das classes de usos da terra na APP da hidrografia

A **Tabela 13** apresentam os valores encontrados para cada classe mapeada na APP da hidrografia em relação a sub-bacia correspondente.

Ainda neste sentido, com objetivo para uma análise visual exploratória e de fácil compreensão, foi elaborada uma representação gráfica com a classificação dos usos da terra na APP da hidrografia para cada unidade de sub-bacia (**gráfico 04**), como medida descritiva dos dados para análise das áreas correspondentes, evidenciando-se as classes campo limpo e solo exposto como predominante em todas as sub-bacias da área de estudo.

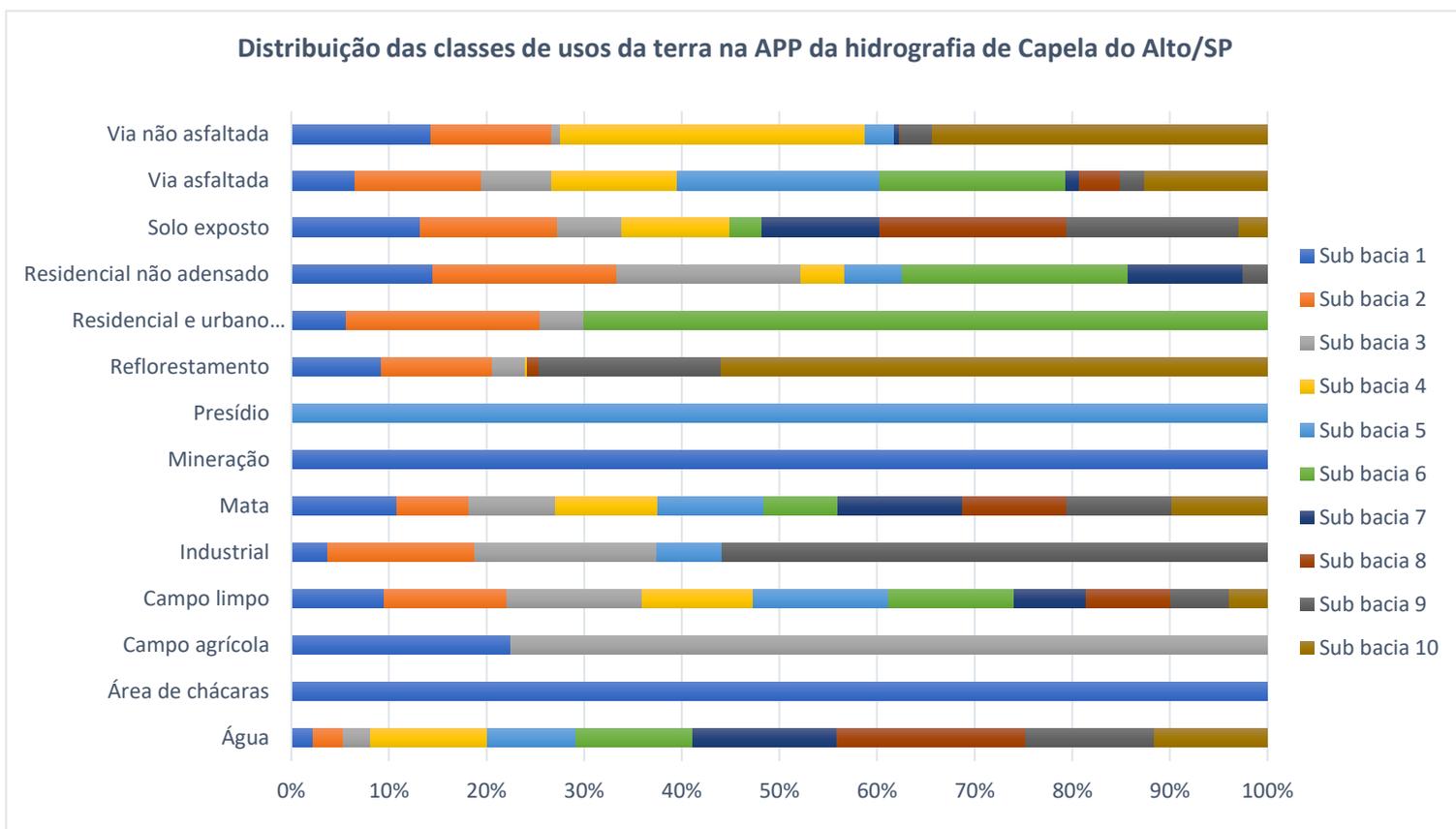
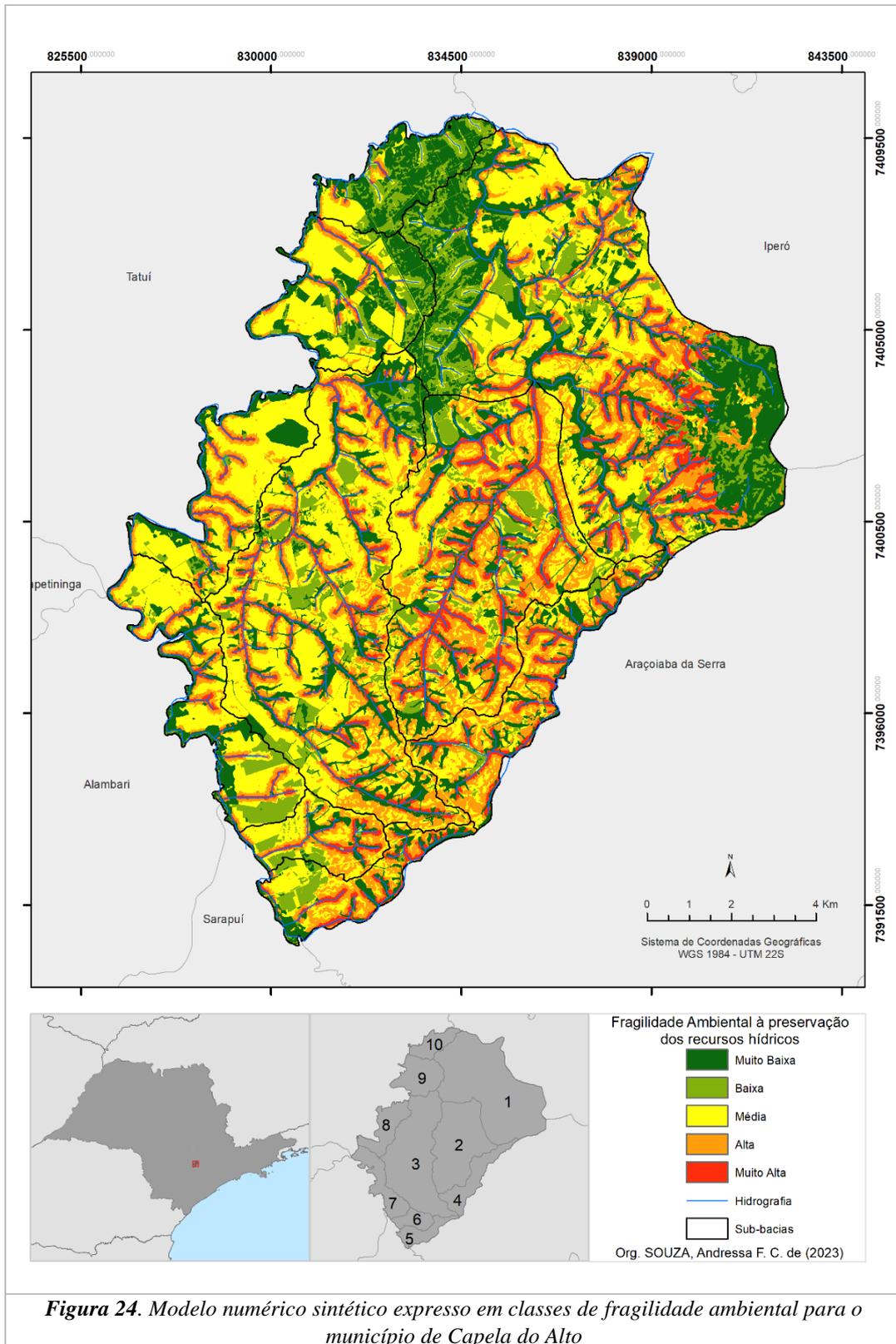


Gráfico 4. Conjunto com a classificação dos usos da terra na delimitação da APP por sub-bacias

Tabela 14. Classificação dos usos da terra na delimitação de APP nas sub-bacias do município de Capela do Alto

Classes	Sub-Bacia 1		Sub-Bacia 2		Sub-Bacia 3		Sub-Bacia 4		Sub-Bacia 5		Sub-Bacia 6		Sub-Bacia 7		Sub-Bacia 8		Sub-Bacia 9		Sub-Bacia 10	
	(Km ²)	%																		
Água	154,6	1,545	137,3	2,072	144,7	1,927	209,0	8,137	76,900	6,162	76,2	8,112	246,6	10,089	242,4	13,131	143,8	8,949	69,7	7,893
Área chácaras	65,0	0,650		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Campo agrícola	70,0	0,700		0,000	181,4	2,416		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Campo limpo	3.058,9	30,575	2.647,1	39,959	3.324,2	44,278	935,8	36,439	552,111	44,241	388,3	41,359	577,0	23,609	509,6	27,607	304,8	18,975	111,6	12,638
Industrial	13,4	0,134	35,4	0,534	49,9	0,665		0,000	2,988	0,239		0,000		0,000		0,000	32,0	1,989		0,000
Mata	4.591,9	45,898	2.109,7	31,846	2.820,8	37,573	1.146,4	44,640	578,296	46,340	304,2	32,401	1.328,1	54,341	838,4	45,422	736,6	45,855	370,5	41,963
Mineração	6,8	0,068		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Presídio		0,000		0,000		0,000		0,000	3,624	0,290		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Reflorestamento	552,1	5,519	454,8	6,866	153,2	2,040	2,9	0,111		0,000		0,000		0,000	13,4	0,726	180,5	11,239	297,2	33,659
Residencial não adensado	451,8	4,516	390,6	5,897	441,2	5,877	36,1	1,404	22,780	1,825	67,9	7,230	89,9	3,679		0,000	12,6	0,785		0,000
Solo exposto	893,7	8,933	634,8	9,583	330,9	4,408	193,3	7,527		0,000	20,8	2,218	200,7	8,211	239,0	12,948	192,5	11,982	17,5	1,986
Residencial e urbano adensado	64,0	0,640	149,3	2,253	38,0	0,507		0,000		0,000	74,7	7,959		0,000		0,000		0,000		0,000
Via asfaltada	24,5	0,245	32,6	0,492	20,4	0,271	12,4	0,483	9,775	0,783	6,8	0,720	1,2	0,051	3,0	0,161	1,5	0,092	4,2	0,476
Via não asfaltada	57,7	0,576	33,0	0,499	2,9	0,038	32,4	1,260	1,477	0,118		0,000	0,5	0,019	0,1	0,005	2,1	0,133	12,2	1,385
Total Geral	10.004,6	100,0	6.624,7	100,0	7.507,5	100,0	2.568,1	100,0	1.248,0	100,0	938,9	100,0	2.444,0	100,0	1.845,8	100,0	1.606,3	100,0	883,0	100,0

O modelo síntese expresso em mapa temático com as classes de fragilidade ambiental à preservação dos recursos hídricos é apresentado na (Figura 24).



A **tabela 14** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território do município.

Tabela 15. Classificação das áreas (Km²) de Capela do Alto/SP em fragilidade ambiental

Classes	km ²	%
1	31.986,03	18,81
2	15.956,05	9,38
3	11.639,48	6,85
4	29.949,90	17,61
5	46.001,83	27,06
6	20.548,23	12,09
7	11.964,58	7,04
8	1.968,53	1,16
9	15,98	0,01
Total	170.030,58	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, a qual resultou na **tabela 15** e evidencia que 47,34% do território está classificado como alta e muito alta criticidade ambiental, ou seja, demonstra um elevado índice de fragilidade do município em relação a ações conservacionistas da hidrografia. Revela, também, que 17,61% do território está classificado com índice médio e 35,04% classificado como baixo e muito baixo grau de fragilidade ambiental.

Portanto, considerando as classes média, alta e muita alta fragilidade, o mapeamento demonstra que quase 2/3 (dois terços) do município apresenta altos índices de criticidade ambiental e urgente necessidade de ações conservacionistas das áreas fundamentais para proteção dos recursos naturais.

Tabela 16. Classificação da fragilidade ambiental do município de Capela do Alto/SP

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	18,81
2 a 3	2	baixa	16,23
4	3	média	17,61
5 a 6	4	alta	39,14
7 a 9	5	muito alta	8,20

A partir de uma análise individual das unidades, é possível identificar as particularidades e classificar as áreas prioritárias e ações correspondentes a cada uma, o que resultou em classificação de fragilidade ambiental à conservação dos recursos hídricos por sub-bacias.

A sub-bacia 1 (**Figura 25**), denominada Ribeirão Iperó, está entre uma das maiores em extensão, com aproximadamente 52.000 km² e abrangendo uma grande área de vegetação correspondente a Flona de Ipanema e importante sistema que drena para o Rio Sarapuí. Localizada a norte e uma porção a nordeste do município, abrange bairros urbanizados, construções com características de chácaras, bem como áreas e construções agroindustrial, campo agrícola, mineração e uma pequena porção reflorestada.

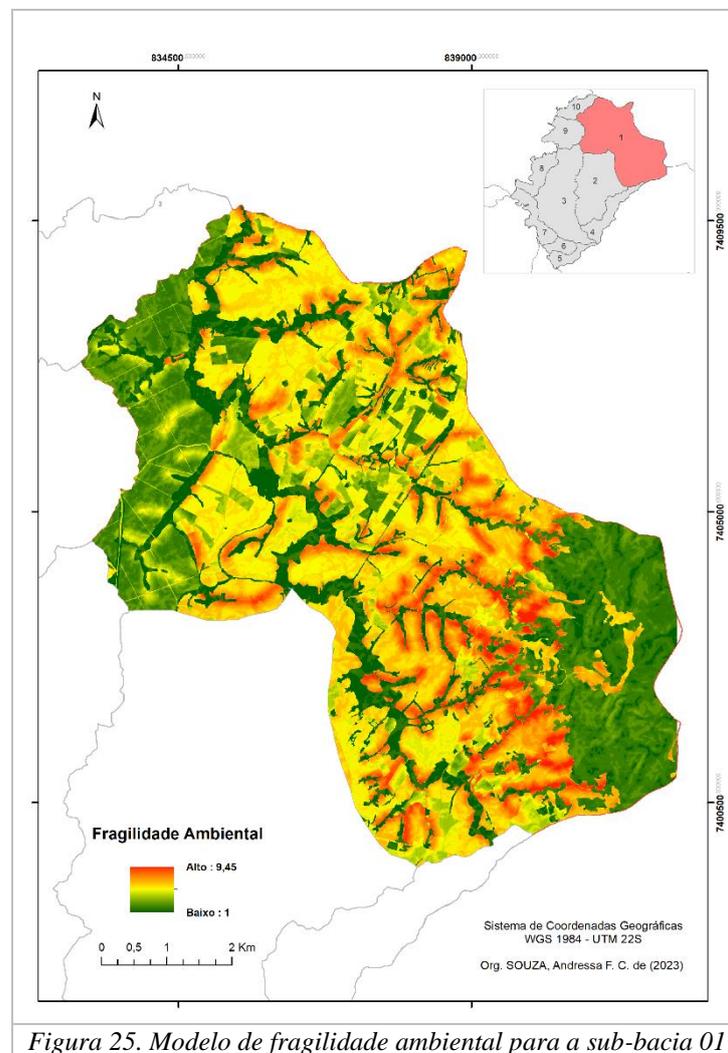


Figura 25. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 01

A **tabela 16** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 17. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 01 em fragilidade ambiental

Classes	km ²	%
1	11165	21,46
2	8993	17,29
3	3066	5,89
4	7280	14,00
5	11209	21,55
6	6025	11,58
7	3505	6,74
8	761	1,46
9	16	0,03
Total	52020	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O mapeamento da fragilidade ambiental (**Tabela 17**) revela que quase 60% da sub-bacia 01 está classificada como baixo, superbaixo e médio para os índices de criticidade do território em relação aos recursos hídricos.

A localização da área da Flona de Ipanema na sub-bacia 01, tratando-se de uma Unidade de Conservação e, portanto, grande parte da cobertura florestal preservada, principalmente na APP dos córregos e rios.

Contudo, o mapeamento revela, ainda, que 41,36% da delimitação da sub-bacia 01 apresenta elevados índices de criticidade, identificando-se principalmente na porção leste da unidade, em que estão presentes os mais elevados índices de altitude e formação íngreme do relevo.

Tabela 18. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 01

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	21,46
2 a 3	2	baixa	23,18
4	3	média	14,00
5 a 6	4	alta	33,13
7 a 9	5	muito alta	8,23

A sub-bacia 2 (**Figura 26**), denominada Ribeirão Copanema, também está entre uma das maiores em extensão, com aproximadamente 27.760 km² e abrangendo uma grande área de bairros urbanizados e construções adensadas, campo agrícola, incidência de solo exposto e campo limpo, assim como uma pequena área de reflorestamento à noroeste da sub-bacia (Figura 20). O mapeamento revela ainda, que toda a extensão do sistema de drenagem apresenta alto índice de criticidade em relação à conservação dos recursos hídricos, em seu entorno de APP.

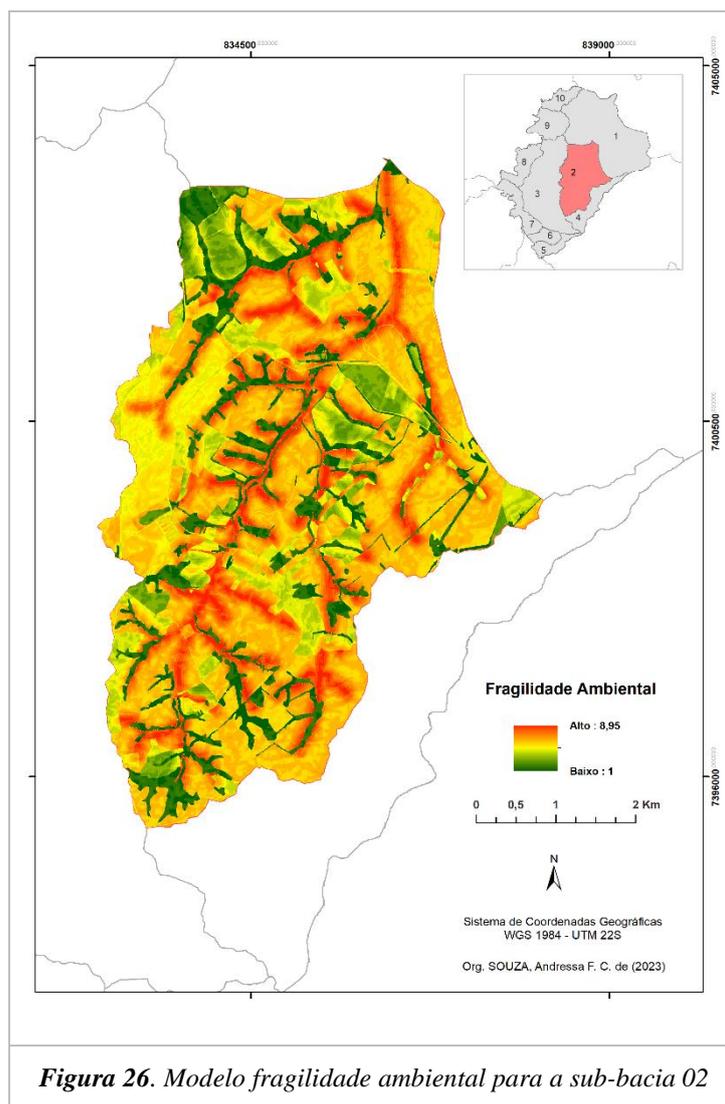


Figura 26. Modelo fragilidade ambiental para a sub-bacia 02

A **tabela 18** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 19. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 02 em fragilidade ambiental

Classe	km ²	%
1	3833	13,81
2	936	3,37
3	1886	6,79
4	2876	10,36
5	10183	36,68
6	4288	15,45
7	3051	10,99
8	708	2,55
Total	27760	100,00

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O mapeamento da fragilidade ambiental (**Tabela 19**) revela que 65,67% da sub-bacia 02 está classificada como alto e muito alto índice de criticidade, delimitados, principalmente na APP do sistema de drenagem (**Figura 26**).

Classificados como baixo e muito baixo estão 23,98% e como médio nível de criticidade o índice de 10,36%.

A localização da sub-bacia 02 demanda atenção e estratégias conservacionistas, haja vista se tratar de localização em área urbanizada, região central do município de Capela do Alto, com construções em alvenaria, ruas e calçadas impermeabilizadas, poucos fragmentos florestais etc., ou seja, se trata de área de ocupação consolidada (figura 20), de modo que as medidas de recuperação da cobertura vegetal devem ser pautadas por um planejamento e política pública eficaz e eficiente.

Tabela 20. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 02

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	13,81
2 a 3	2	baixa	10,17
4	3	média	10,36
5 a 6	4	Alta	52,13
7 a 9	5	muito alta	13,54

A sub-bacia 3 (**Figura 27**), com aproximadamente 35.970 km², denominada Córrego do Barreirinho, localizada na porção centro-oeste de Capela do Alto, também está entre uma das maiores em extensão e abrange sistema que drena as águas para o Rio Sarapuí.

A ocupação humana nessa bacia é configurada por bairros urbanizados, construções estabelecidas e consolidadas, bem como atividades agrícolas, solo exposto e campo limpo especializado (figura 20).

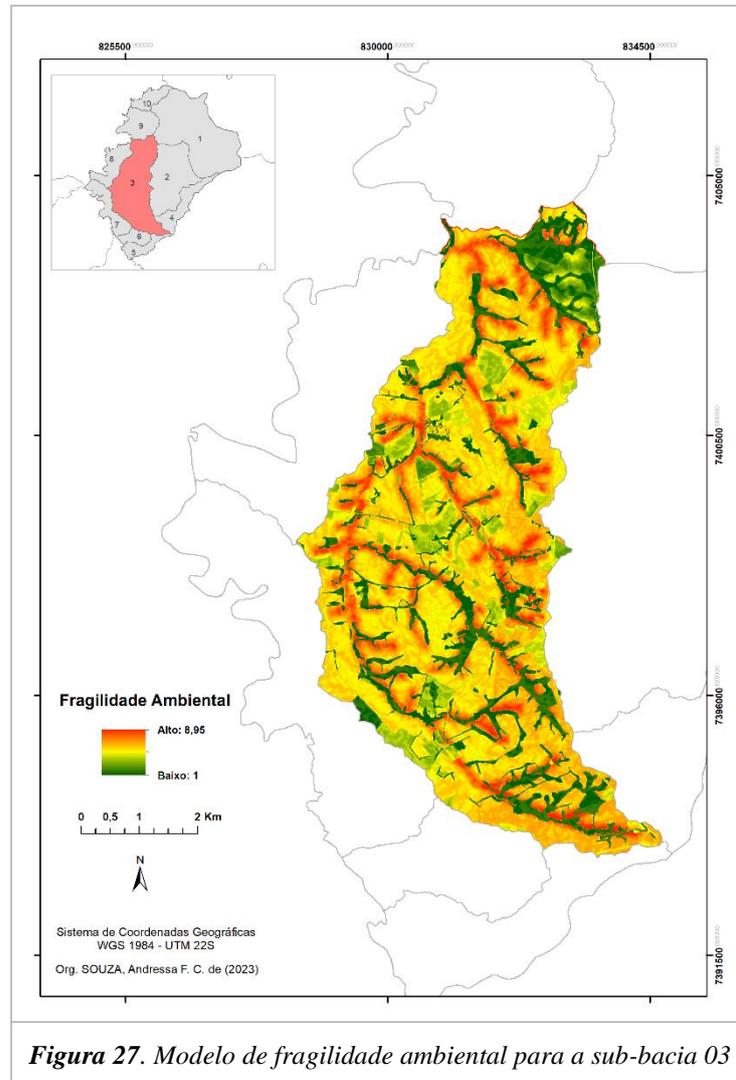


Figura 27. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 03

A **tabela 20** demonstra a área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 21. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 03 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	6149850	6150	17,10
2	958775	959	2,67
3	2473425	2473	6,88
4	8142400	8142	22,64
5	11212925	11213	31,18
6	4478950	4479	12,45
7	2408775	2409	6,70
8	140150	140	0,39
	35965250	35965,25	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A sub-bacia 03 apresenta um mapeamento da fragilidade ambiental (**Tabela 21**) de 50,72% classificada como alto e muito alto índice de criticidade, delimitados, principalmente na APP do sistema de drenagem (**Figura 27**).

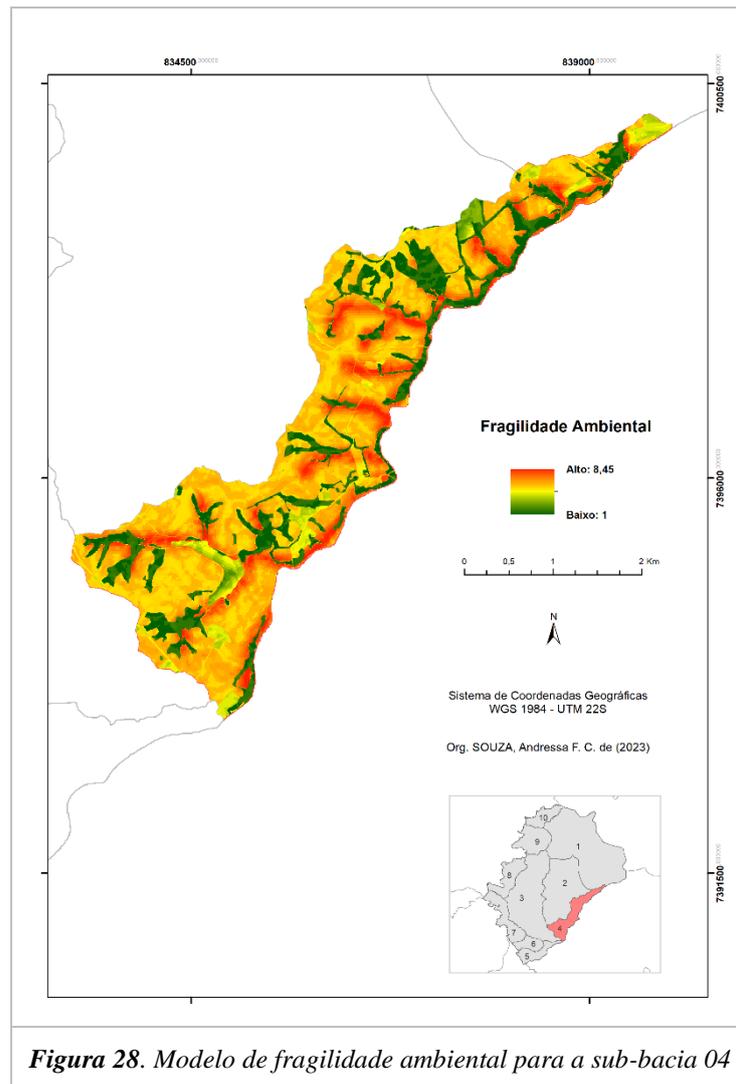
Classificados como baixo e muito baixo estão 26,64% e como médio nível de criticidade o índice de 22,64%.

Localização com extensão de centro-oeste a sul, a sub-bacia 03 apresenta uma cobertura vegetal fragmentada e áreas de APP com destaque para alta fragilidade ambiental em relação a conservação da hidrografia, principalmente num contexto geral, por apresentar áreas de campo limpo e solo exposto, exigindo política pública para a conservação e recuperação florestal.

Tabela 22. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 03

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	17,10
2 a 3	2	baixa	9,54
4	3	média	22,64
5 a 6	4	alta	43,63
7 a 9	5	muito alta	7,09

Com aproximadamente 9.850 km², a sub-bacia 04 (**Figura 28**), denominada Ribeirão Iperó-Mirim, apresenta um território com classes de usos da terra de solo exposto e campo limpo, pequenas porções correspondente a ocupações e construções urbanas, e cobertura vegetal fragmentada na APP da hidrografia (figura 20).



A **tabela 22** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 23. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 04 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	1941075	1941,075	19,70
2	161925	161,925	1,64
3	251800	251,8	2,56
4	400750	400,75	4,07
5	4287825	4287,825	43,52
6	1600025	1600,025	16,24
7	982350	982,35	9,97
8	226550	226,55	2,30
	9852300	9852,3	100

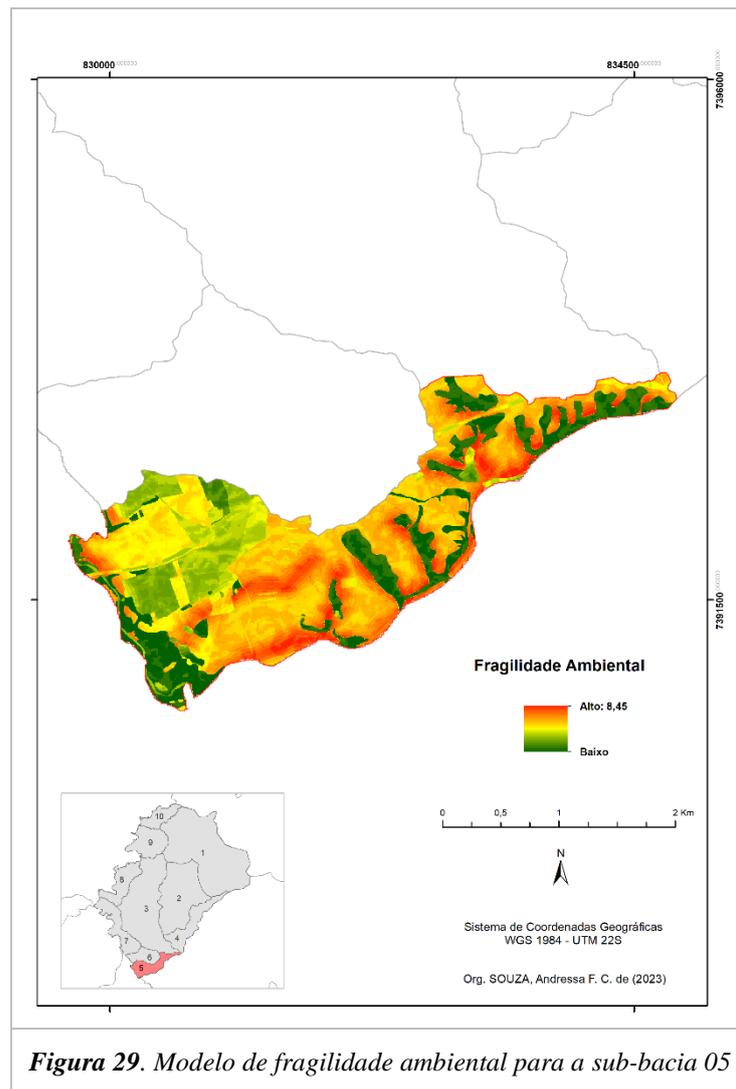
Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O mapeamento da sub-bacia 04 apresenta dados com índices de 72,03% classificada como alto e muito alto índice de criticidade (**Tabela 23**), considerando-se a cobertura vegetal fragmentada e uso da terra com classes de solo exposto e campo limpo. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 27,97% da sub-bacia.

A sub-bacia 04 está localizada a sudeste de Capela do Alto, estendendo-se uma porção a sul do município. Apresenta valores altos para fragilidade ambiental relacionados a APP da hidrografia, correspondente ao sistema de drenagem do Rio Iperó-Mirim, sendo a única sub-bacia que não drena para o sistema do Rio Sarapuí. Trata-se de importante análise para discussão dos resultados e posterior tomada de decisões, por se tratar de um outro sistema que pode ser utilizado no abastecimento da população e que, neste sentido, merece atenção quanto às condições conservacionistas dos recursos hídricos.

Tabela 24. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 04

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	19,70
2 a 3	2	baixa	4,20
4	3	média	4,07
5 a 6	4	alta	59,76
7 a 9	5	muito alta	12,27

Com aproximadamente 5.300 km², a sub-bacia 05 (**Figura 29**), com sistema de drenagem para o Rio Sarapuí, apresenta um território com classes de usos da terra de solo exposto e campo limpo, pequenas porções correspondente a ocupações humanas, áreas classificadas por atividades agroindustrial e uma cobertura vegetal fragmentada, principalmente na APP da hidrografia (figura 20).



A **tabela 24** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 25. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 05 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	1057425	1057	19,90
2	229900	230	4,33
3	515225	515	9,70
4	588425	588	11,08
5	1490550	1491	28,06
6	794775	795	14,96
7	552900	553	10,41
8	83325	83	1,57
	5312525	5312,525	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Os dados referente ao modelo de fragilidade ambiental indicam que 55% da sub-bacia 05 apresenta índices alto e muito alto de criticidade (**Tabela 25**) em relação a conservação do recurso hídrico. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 45% da sub-bacia.

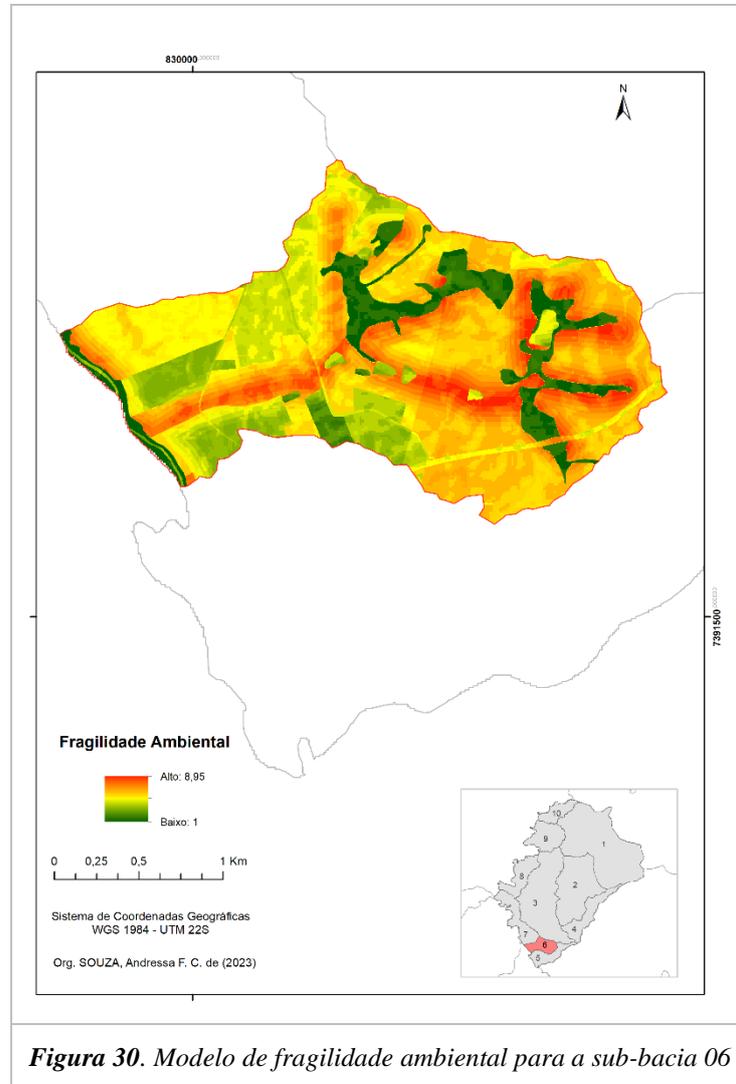
A sub-bacia 05 está localizada a sul de Capela do Alto, e apresenta destaque para o sistema de drenagem e a APP dos rios e córregos, assim como toda a porção do uso da terra com classificação de campo limpo e a presença de atividade agroindustrial e campo agrícola. Mais da metade da sub-bacia em questão demanda ações de planejamento e subsídios para a recuperação e preservação da cobertura vegetal objetivando medidas para conservação do sistema de abastecimento e qualidade das águas do Rio Sarapuí.

Tabela 26. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 05

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	19,90
2 a 3	2	baixa	14,03
4	3	média	11,08
5 a 6	4	alta	43,02
7 a 9	5	muito alta	11,98

Com aproximadamente 4.170 km², a sub-bacia 06 (**Figura 30**), com sistema de drenagem para o Rio Sarapuí, sendo a menor em extensão, abrange parte do território correspondente a ocupações humanas, áreas classificadas por atividades agroindustrial, solo

exposto, campo limpo, pouca cobertura vegetal e fragmentada, principalmente na APP da hidrografia (figura 20).



A **tabela 26** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 27. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 06 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	438075	438	10,51
2	79925	80	1,92
3	454850	455	10,91
4	879200	879	21,09
5	1266350	1266	30,37
6	637375	637	15,29
7	364300	364	8,74
8	49625	50	1,19
	4169700	4169,7	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Os dados referente ao modelo de fragilidade ambiental indicam que aproximadamente 56% da sub-bacia 06 apresenta índices alto e muito alto de criticidade (**Tabela 27**) em relação a conservação do recurso hídrico. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 44% da sub-bacia.

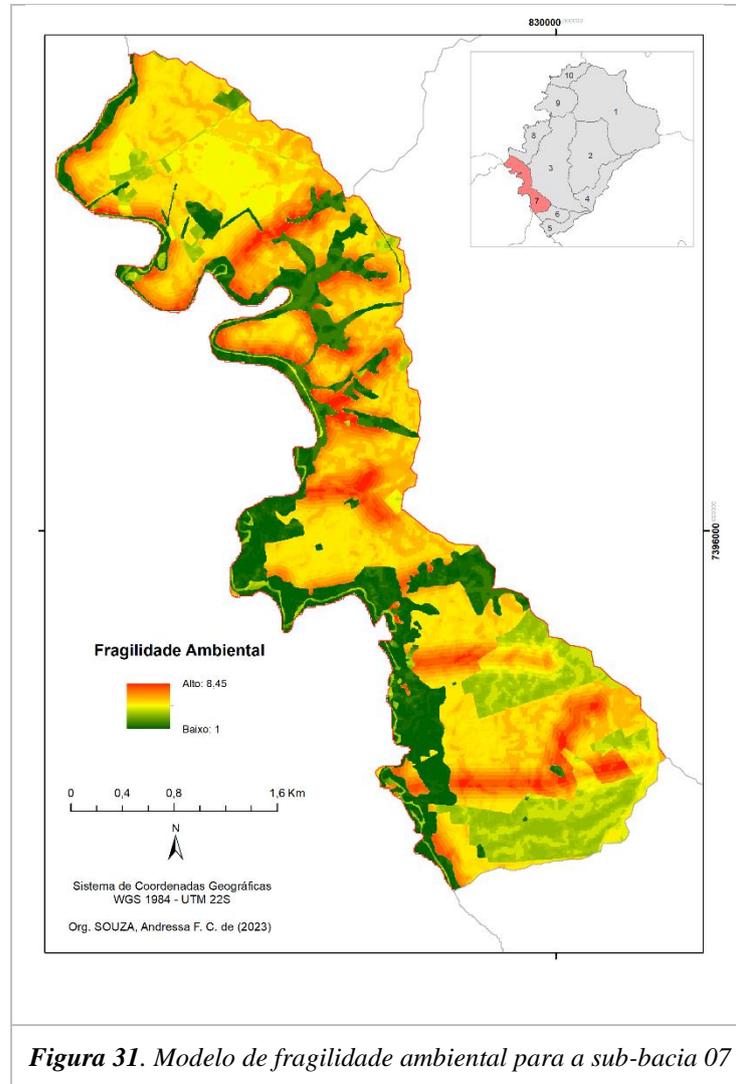
A sub-bacia 06 está localizada a sul do município e apresenta destaque de criticidade para o sistema de drenagem e a APP dos rios e córregos, assim como uma porção do território classificado com usos campo limpo e solo exposto. Mais da metade da sub-bacia em questão demanda ações de planejamento e subsídios para a recuperação e preservação da cobertura vegetal objetivando medidas para conservação do sistema de abastecimento e qualidade das águas do Rio Sarapuí.

Tabela 28. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 06

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	10,51
2 a 3	2	baixa	12,83
4	3	média	21,09
5 a 6	4	alta	45,66
7 a 9	5	muito alta	9,93

A sub-bacia 7, com aproximadamente 9.750 km², abrangendo área com sistema de drenagem que direciona abastecimento ao Rio Sarapuí, a sudoeste do município de Capela do Alto (**Figura 31**). A sub-bacia apresenta classes de usos da terra como bairro urbanizados,

ocupações humanas com construções consolidadas, campo limpo, solo exposto, campo agrícola e uma pequena porção de área reflorestada (figura 20).



A **tabela 28** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 29. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 07 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	1986250	1986	20,37
2	139600	140	1,43
3	1229800	1230	12,61
4	2935200	2935	30,10
5	2047050	2047	20,99
6	1020100	1020	10,46
7	394700	395	4,05
8	25	0	0,00
	9752725	9752,725	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Os dados referente ao modelo de fragilidade ambiental indicam que aproximadamente 35,5% da sub-bacia 07 apresenta índices alto e muito alto de criticidade (**Tabela 29**) em relação a conservação do recurso hídrico. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 64,5% da sub-bacia.

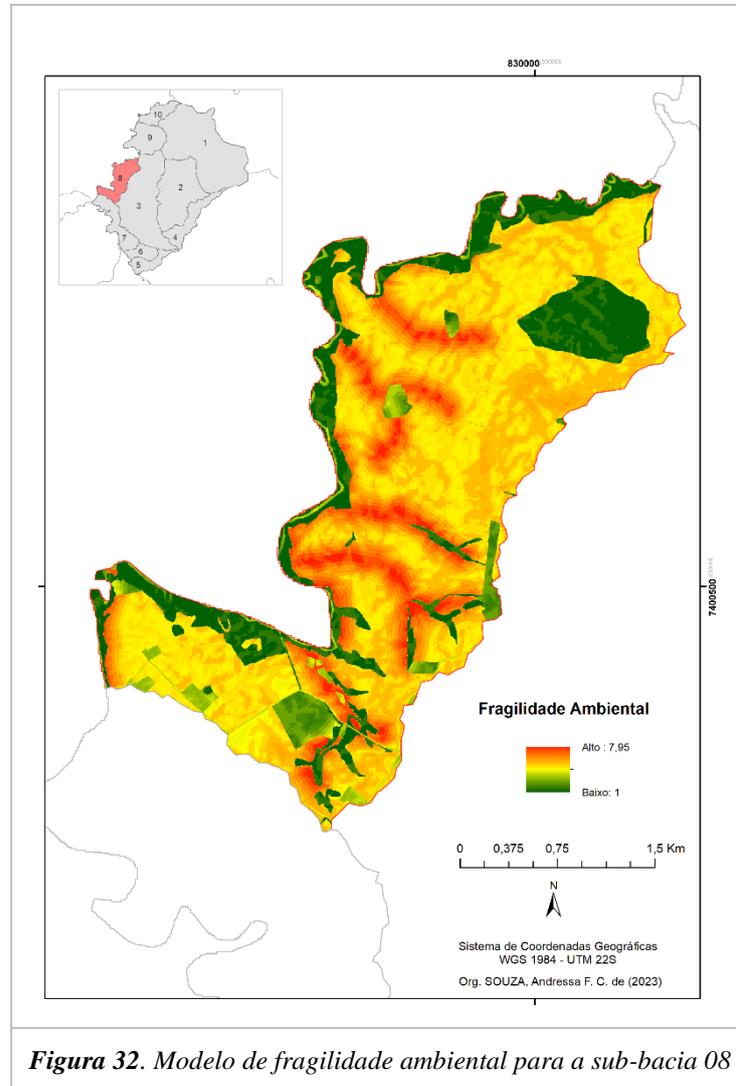
A sub-bacia 07 apresenta destaque de baixa e média criticidade considerando que a cobertura vegetal na APP da hidrografia apresenta uma área preservada, caracterizando-se a mata ciliar do Rio Sarapuí. Contudo, apresenta poucos fragmentos florestais na porção norte da sub-bacia, demandando, neste aspecto, e em toda a porção do território da unidade, ações conservacionistas e de recuperação florestal para mitigar a degradação dos rios e córregos e aumentar os índices de baixa criticidade.

Tabela 30. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 07

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	20,37
2 a 3	2	baixa	14,04
4	3	média	30,10
5 a 6	4	alta	31,45
7 a 9	5	muito alta	4,05

A sub-bacia 8, com extensão de aproximadamente 9.130 km², abrangendo área com sistema de drenagem que direciona abastecimento ao Rio Sarapuí, está localizada a oeste do município de Capela do Alto (**Figura 32**). A sub-bacia apresenta classes de usos da

terra como área agrícola, campo limpo, solo exposto, fragmentos florestais e uma pequena porção de área reflorestada (figura 20).



A **tabela 30** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 31. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 08 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	1743000	1743	19,09
2	274450	274	3,01
3	258125	258	2,83
4	3028100	3028	33,17
5	2429350	2429	26,61
6	950175	950	10,41
7	446300	446	4,89
8		0	0,00
	9129500	9130	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O mapeamento da sub-bacia 08 apresenta dados de aproximadamente 42% da porção territorial classificada como alto e muito alto índice de criticidade (**Tabela 31**) em relação a conservação do recurso hídrico. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 58% da sub-bacia.

Apresenta destaque de baixa e média criticidade considerando que a cobertura vegetal na APP da hidrografia apresenta porção da mata ciliar do Rio Sarapuí relativamente preservada em sua extensão delimitada da sub-bacia. Contudo, apresenta pouco ou nada de cobertura vegetal nos afluentes, demandando, neste aspecto, ações com alta prioridade para a recuperação, haja vista que esse sistema hidrográfico é fundamental para a drenagem e abastecimento ao Rio Sarapuí.

Tabela 32. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 08

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	19,09
2 a 3	2	baixa	5,83
4	3	média	33,17
5 a 6	4	alta	37,02
7 a 9	5	muito alta	4,89

A sub-bacia 9 está localizada a noroeste de Capela do Alto, com uma extensão de aproximadamente 10.268 km², abrangendo área com sistema de drenagem que direciona abastecimento ao Rio Sarapuí (**Figura 33**). A sub-bacia apresenta uma boa porção do território destinada a reflorestamento, pequenas porções correspondentes a ocupações humanas, atividade agroindustrial, solo exposto e campo limpo (figura 20).

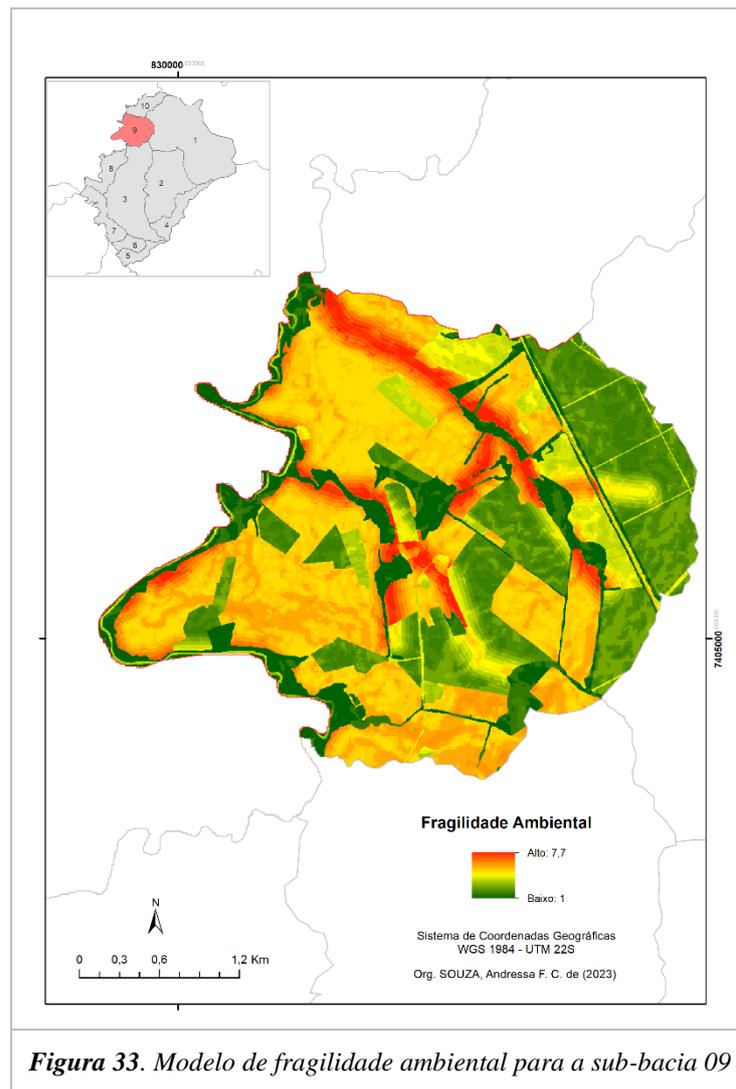


Figura 33. Modelo de fragilidade ambiental para a sub-bacia 09

A **tabela 32** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 33. Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 09 em fragilidade ambiental

Classe	m ²	km ²	%
1	1945675	1946	18,95
2	1921250	1921	18,71
3	846475	846	8,24
4	3127750	3128	30,46
5	1621975	1622	15,80
6	596025	596	5,80
7	208500	209	2,03
8	0	0	0,00
	10267650	10268	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Os dados referente ao modelo de fragilidade ambiental indicam que aproximadamente 23% da sub-bacia 09 apresenta índices alto e muito alto de criticidade (**Tabela 33**) em relação a conservação do recurso hídrico. Classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 77% da sub-bacia.

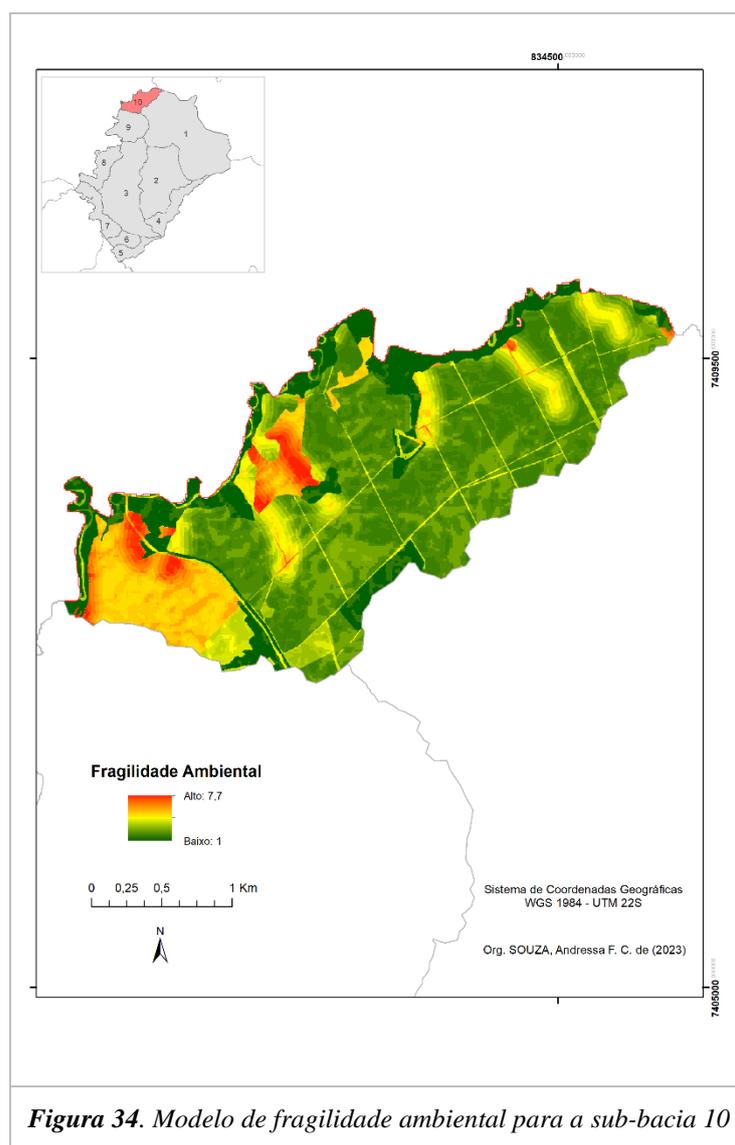
É possível observar que o destaque de baixa e média criticidade pode estar relacionado com a APP do Rio Sarapuí relativamente preservada e uma boa porção do território caracterizada por práticas de reflorestamento. Entretanto, importante destacar que o principal afluente do Rio Sarapuí nesta unidade apresenta poucos fragmentos florestais, demandando, neste aspecto, e em toda a porção do território da unidade, ações conservacionistas e de recuperação florestal para melhoras as condições e ações conservacionistas do recurso hídrico.

Tabela 34. Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 09

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	18,95
2 a 3	2	baixa	26,96
4	3	média	30,46
5 a 6	4	alta	21,60
7 a 9	5	muito alta	2,03

Localizada a norte do município de Capela do Alto e com aproximadamente 5.800 km², a sub-bacia 10 abrange uma grande área de reflorestamento, praticamente em todo o seu território (**Figura 34**).

Apresenta, ainda, outras classificações de usos da terra como solo exposto, atividade agroindustrial, fragmentos florestais e campo limpo (figura 20).



A **tabela 34** demonstra as área em km² e percentual correspondente em relação ao território da sub-bacia correspondente.

Tabela 35. *Classificação das áreas (Km²) Sub-bacia 10 em fragilidade ambiental*

Classe	m ²	km ²	%
1	1726725	1727	29,77
2	2261025	2261	38,98
3	657725	658	11,34
4	691925	692	11,93
5	254175	254	4,38
6	157975	158	2,72
7	51600	52	0,89
8	0	0	0,00
	5801150	5801	100

Foi elaborada a sistematização da fragilidade ambiental em 5 classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. O mapeamento da sub-bacia 10 apresenta dados de aproximadamente 8% da porção territorial classificada como alto e muito alto índice de criticidade (**Tabela 35**) em relação a conservação do recurso hídrico. Enquanto classificados como baixo, muito baixo e médio correspondem a 92% da sub-bacia.

Apresenta destaque de baixa e média criticidade considerando que a cobertura vegetal na APP da hidrografia apresenta a mata ciliar do Rio Sarapuí relativamente preservada em sua extensão, assim como uma boa porção do território destinado ao reflorestamento. Contudo, importante destacar que a recuperação florestal na APP dos afluentes é apontada no mapeamento da fragilidade ambiental com destaque para criticidade média.

Tabela 36. *Classificação da fragilidade ambiental para a Sub-bacia 10*

Fragilidades	Classificação	Hierarquia	%
1	1	muito baixa	29,77
2 a 3	2	baixa	50,31
4	3	média	11,93
5 a 6	4	alta	7,10
7 a 9	5	muito alta	0,89

A **tabela 36** apresenta a sistematização dos dados para as sub-bacias, por classificação hierárquica da fragilidade ambiental à preservação dos recursos hídricos.

Tabela 37. Sistematização dos dados de criticidade para as sub-bacias

Fragilidade Ambiental		Quantificação da Área em percentual (%)									
Classes	Hierarquia	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2	Sub-bacia 3	Sub-bacia 4	Sub-bacia 5	Sub-bacia 6	Sub-bacia 7	Sub-bacia 8	Sub-bacia 9	Sub-bacia 10
1	muito baixa	21,46	13,81	19,70	17,10	19,90	10,51	20,37	19,09	18,95	29,77
2	baixa	23,18	10,17	4,20	9,54	14,03	12,83	14,04	5,83	26,96	50,31
3	média	14,00	10,36	4,07	22,64	11,08	21,09	30,10	33,17	30,46	11,93
4	alta	33,13	52,13	59,76	43,63	43,02	45,66	31,45	37,02	21,60	7,10
5	muito alta	8,23	13,54	12,27	7,09	11,98	9,93	4,05	4,89	2,03	0,89
Somatória Classes Alta + Muito Alta		41,36 %	65,67 %	72,03 %	50,72 %	54,99 %	55,58 %	35,50 %	41,91 %	23,63 %	7,99 %

A análise a partir da delimitação das sub-bacias resultou nos dados apresentados no **gráfico 5**, evidenciando as sub-bacias 03 (72,03%), 02 (65,67%), 06 (55,58%), 05 (54,99%) e 04 (50,72%), em ordem de percentual, como altamente críticas ao potencial conservacionista, enquanto as demais apresentam resultados em equilíbrio. Resultado este com base na somatória das fragilidades classificadas como alta e muito alta, estabelecido o critério de pelo menos metade do território comprometido.

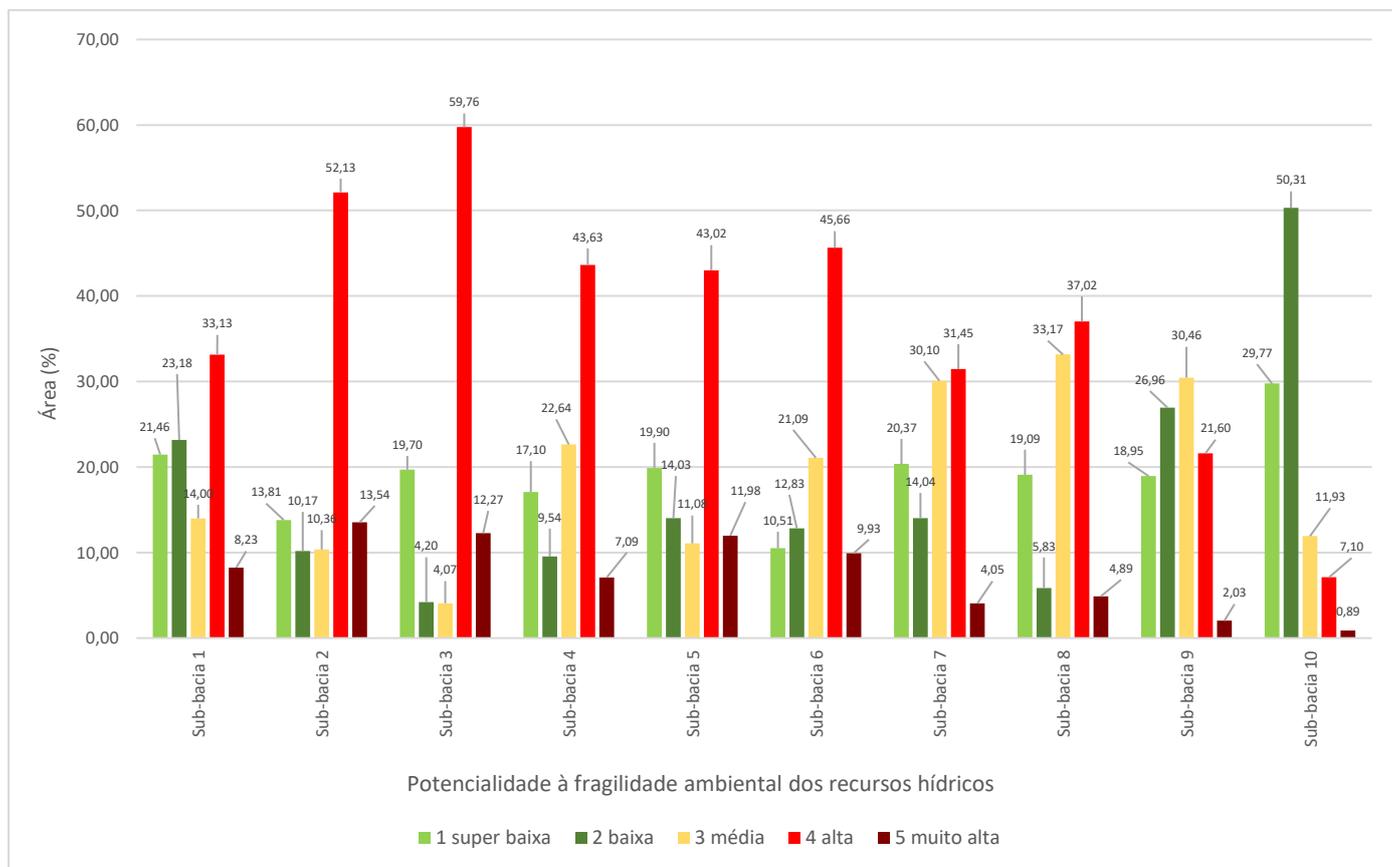


Gráfico 5. Representação das áreas resultantes da Álgebra de Mapas por sub-bacia de Capela do Alto/SP

A análise da clusterização para os usos da terra e cobertura vegetal do município de Capela do Alto/SP é apresentada na **figura 35**. Observa-se o agrupamento das sub-bacias em 3 principais grupos, sendo a sub-bacia 10 a unidade com maior índice de dissimilaridade de quase 65% conforme a metodologia Bray-Curtis. O outro agrupamento é formado pelo conjunto de sub-bacias 1, 4, 5 e 7, 8, 9 entre 85 e 90% de aproximação, enquanto o outro é formado pela similaridade entre as sub-bacias 2, 3 e 6 com 85% de similaridade.

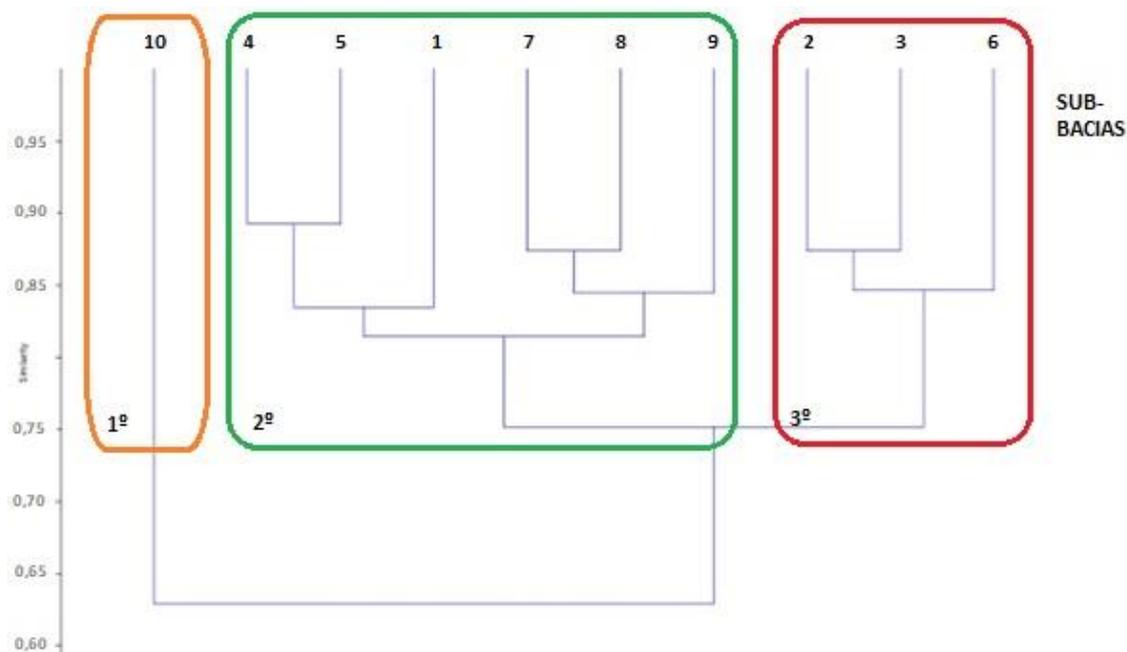


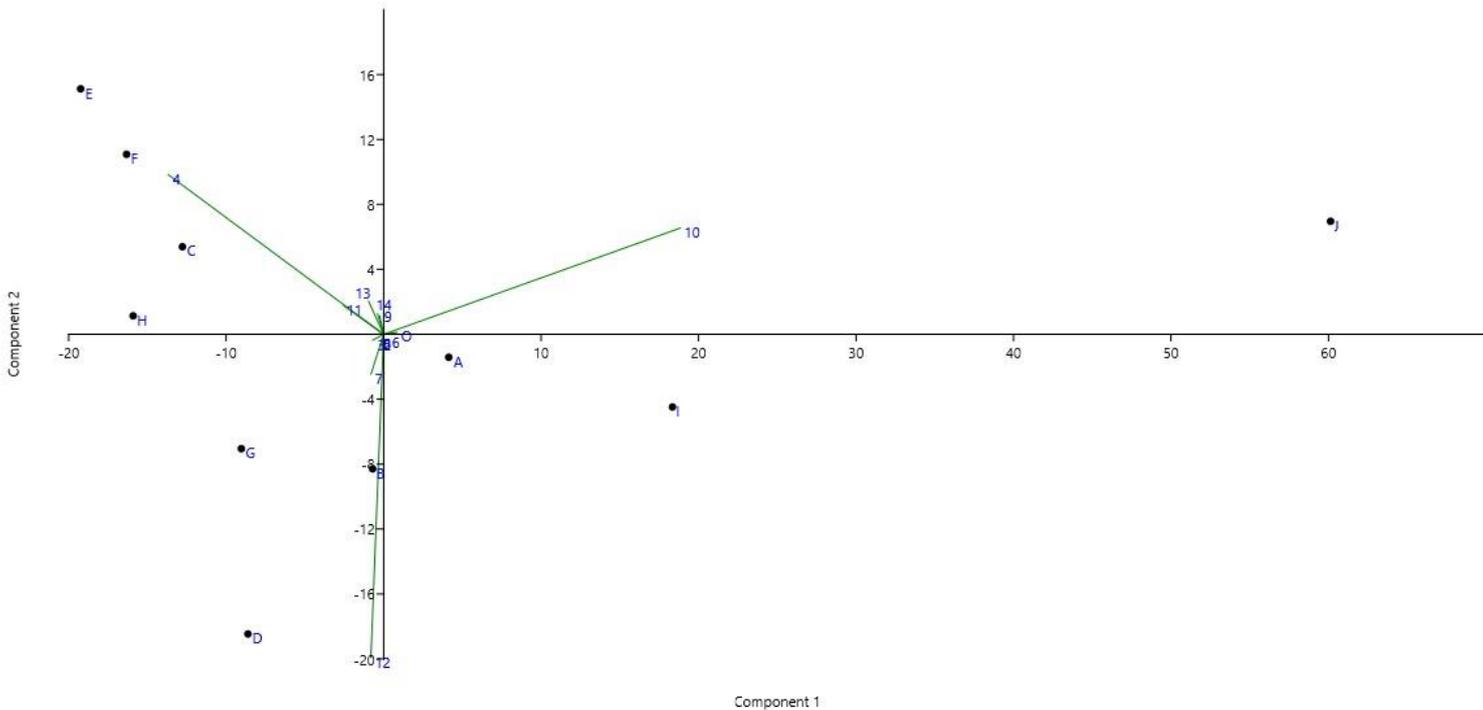
Figura 35. Clustering aplicado aos componentes de usos da terra de Capela do Alto/SP

Para a aplicação estatística dos Componentes Principais (PCA) para a Cobertura Vegetal e Usos da Terra do município, a matriz de autovalor e variância (**Tabela 37**) evidencia os componentes 1 e 2 com o maior índice de variação, com valores entre 76 e 13%.

Tabela 38. Matrix de autovalor e variância

Principal Componente	Eigenvalue	% Variance
1	573,37	76,30
2	101,20	13,40
3	33,30	4,40
4	31,10	4,10
5	6,20	0,80
6	3,50	0,40
7	2,00	0,06
8	0,40	0,06
9	0,00	0,00

A análise estatística dos Componentes Principais (PCA) para a Cobertura Vegetal e Usos da Terra do município de Capela do Alto, na delimitação das sub-bacias é apresentado na **figura 36**. A PCA evidencia que a sub-bacia 10 (J) aparece isolada no 1Q e uma das principais características dessa redução de dimensionalidade (vetor de diferenciação) é a classe reflorestamento (10). No 2Q, o componente campo limpo (4) é o principal vetor de similaridade entre as sub-bacias 3 (C), 5 (E), 6 (F) e 8 (H), assim como em menor dimensão, mas de relevância, o componente urbano adensado (13) e áreas residenciais (11). No 3Q estão evidenciadas as principais características para as sub-bacias 4 (D) e 7 (G), sendo o componente solo exposto (12) o principal vetor de similaridade entre elas, assim como o componente mata em menor dimensionalidade. Para as sub-bacias 1 (A) e 9 (I), localizadas no 4Q, observa-se o componente campo agrícola (3) e áreas agroindustriais (6) como principais componentes de similaridade.



LEGENDA		
Sub-bacias	Classes de usos da terra	
A – Sub-bacia 1	1 – Água	11 – Residencial não adensado
B – Sub-bacia 2	2 – Área de chácaras	12 – Solo exposto
C – Sub-bacia 3	3 – Campo agrícola	13 – Urbano adensado
D – Sub-bacia 4	4 – Campo limpo	14 – Via asfaltada
E – Sub-bacia 5	5 – Cemitério	15 – Via não asfaltada
F – Sub-bacia 6	6 – Industrial	
G – Sub-bacia 7	7 – Mata	
H – Sub-bacia 8	8 – Mineração	
I – Sub-bacia 9	9 – Presídio	
J – Sub-bacia 10	10 – Reflorestamento	

Figura 36. Análise PCA dos componentes de usos da terra de Capela do Alto/SP

A análise da clusterização para as APP's de Capela do Alto é apresentado na **Figura 37**, sendo evidenciado três agrupamentos principais em decorrência de similaridade. Observa-se a sub-bacia 10 como a unidade com maior relevância em componente de dissimilaridade, num grau de 48% em relação às demais sub-bacias, conforme a metodologia Bray-Curtis. O segundo grupo é formado pelas sub-bacias 1, 2 e 3, com 80 e 85% de similaridade em relação ao terceiro grupo, o qual é formado pela similaridade de dois subgrupos, um formado pelas sub-bacias 4, 7, 8 e 9 com índice entre 70 e 88% e outro pelas sub-bacias 5 e 6 apresentando 72% de similaridade.

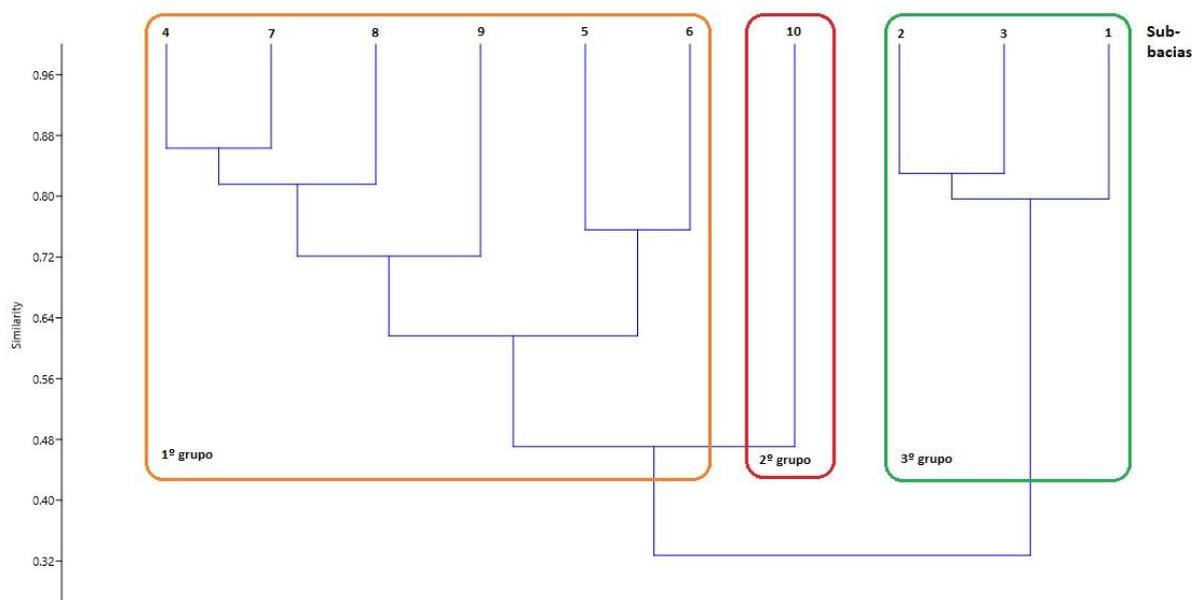


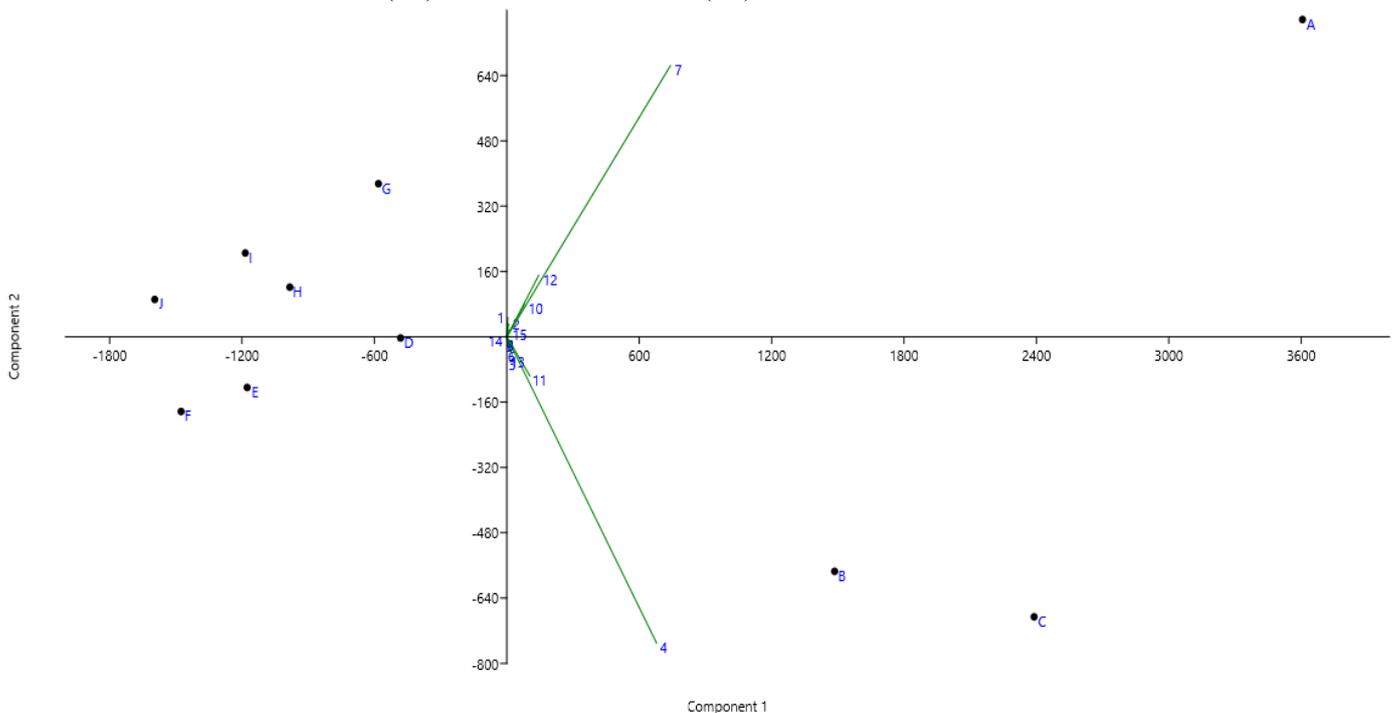
Figura 37. Clustering aplicado aos componentes de usos da terra da APP de Capela do Alto/SP

A matriz de autovalor para aplicação da PCA para a APP da hidrografia apresentado na **Tabela 38**, evidencia o índice 93,61% de variação no primeiro componente.

Tabela 39. Matrix de autovalor e variância para a APP

Principal Componente	Eigenvalue	% Variance
1	3.329	93,61
2	184356	5,182
3	29967,6	0,842
4	10015,8	0,281
5	1442,63	0,040
6	957,132	0,026
7	388,756	0,010
8	83,3753	0,002
9	37,5476	0,001

A análise estatística dos Componentes Principais (PCA) para a Cobertura Vegetal e Usos da Terra na APP da hidrografia, na delimitação das sub-bacias é apresentado na **Figura 38**. A PCA evidencia que a sub-bacia 1 (A) aparece isolada no 1Q e uma das principais características dessa redução de dimensionalidade (vetor de diferenciação) é a classe mata (7), assim como em menor dimensão, mas de relevância, os componentes reflorestamento (10) e solo exposto (12). No 2Q, o componente água (1) e mineração (8) é o principal vetor de similaridade entre as sub-bacias 7 (G), 8 (H), 9 (I) e 10 (J). No 3Q estão evidenciadas as principais características para as sub-bacias 4 (D), 5 (E) e 6 (F), sendo o componente via asfaltada (14) o principal vetor de similaridade entre elas. Para as sub-bacias 2 (B) e 3 (C), localizadas no 4Q, observa-se o componente campo limpo (4) como principal vetor de diferenciação destas para com as demais sub-bacias, assim como os componentes urbano adensado (13) e áreas residenciais (11).



LEGENDA		
Sub-bacias		
A – Sub-bacia 1		
B – Sub-bacia 2		
C – Sub-bacia 3		
D – Sub-bacia 4		
E – Sub-bacia 5		
F – Sub-bacia 6		
G – Sub-bacia 7		
H – Sub-bacia 8		
I – Sub-bacia 9		
J – Sub-bacia 10		
Classes de usos da terra		
1 – Água	11 – Residencial não adensado	
2 – Área de chácaras	12 – Solo exposto	
3 – Campo agrícola	13 – Urbano adensado	
4 – Campo limpo	14 – Via asfaltada	
5 – Cemitério	15 – Via não asfaltada	
6 – Industrial		
7 – Mata		
8 – Mineração		
9 – Presídio		
10 – Reflorestamento		

Figura 38. Análise PCA aplicada aos componentes de usos da terra da APP

A validação dos dados da fragilidade ambiental do município de Capela do Alto, a partir da aplicação do teste ANOVA (**Tabela 39**), demonstra que há diferença entre os grupos [Fisher's F (9, 1083) = 4,70 p < .001]. Foi utilizada a razão-F de Fisher para estimar valores de p (o qual é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula).

Tabela 40. Análise de Variância através da aplicação do teste ANOVA

One-Way ANOVA (Fisher's)				
	F	df1	df2	p
m ²	4.70	9	1083	< .001

O teste post-hoc de Tukey (**Tabela 40**) evidenciou diferenças significativas para a sub-bacia 01 com as sub-bacias 03, 05, 06, 08 e 10, assim como a sub-bacia 04 e 06.

Tabela 41. Teste post-hoc de Tukey (95% IC)

Tukey Post-Hoc Test – m²

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mean difference	—	88664	189496 *	59197	240586 **	255074 ***	181463	201843 *	184881	237251 **
	p-value	—	0.799	0.043	0.976	0.002	<.001	0.082	0.019	0.055	0.002
2	Mean difference		—	100831	-29467	151922	166410	92799	113179	96216	148587
	p-value		—	0.835	1.000	0.292	0.164	0.907	0.703	0.870	0.310
3	Mean difference			—	-130298	51091	65578	-8033	12348	-4615	47756
	p-value			—	0.489	0.999	0.993	1.000	1.000	1.000	0.999
4	Mean difference				—	181389	195877 *	122266	142646	125683	178054
	p-value				—	0.079	0.034	0.620	0.332	0.543	0.085
5	Mean difference					—	14488	-59123	-38743	-55706	-3335
	p-value					—	1.000	0.998	1.000	0.998	1.000
6	Mean difference						—	-73611	-53231	-70193	-17823
	p-value						—	0.987	0.998	0.989	1.000
7	Mean difference							—	20380	3418	55788
	p-value							—	1.000	1.000	0.998
8	Mean difference								—	-16963	35408
	p-value								—	1.000	1.000
9	Mean difference									—	52371
	p-value									—	0.999
10	Mean difference										—
	p-value										—

Note. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

A sistematização referente ao Intervalo de Confiança das sub-bacias é apresentada na **figura 39**, em que se observa que há intersecção entre algumas das sub-bacias, de modo que não há diferença estatística entre estes grupos, contudo, o que não define que elas são iguais. Para as sub-bacias que não ocorre a intersecção, é possível afirmar que há diferença estatística. Neste sentido, é possível estabelecer as seguintes observações:

- A sub-bacia 1 apresenta diferença estatística em relação às sub-bacias 5, 6, 7, 8, 9 e 10, pois não há intersecção entre elas;
- A sub-bacia 2 não apresenta intersecção com as sub-bacias 5, 6 e 10, de modo que é possível afirmar que há diferença estatística entre elas;
- A sub-bacia 3 não apresenta diferença estatística com as demais, pois apresenta intersecção do intervalo de confiança com todas;
- A sub-bacia 4 apresenta diferença estatística com as sub-bacias 5, 6 e 10;
- Para as sub-bacia 5 e 6, é evidenciado que não há intersecção com as sub-bacias 1, 2 e 4 e, portanto, há diferença estatística entre elas;
- As sub-bacia 7, 8, 9 e 10 apresentam diferença estatística apenas com a sub-bacia 1.

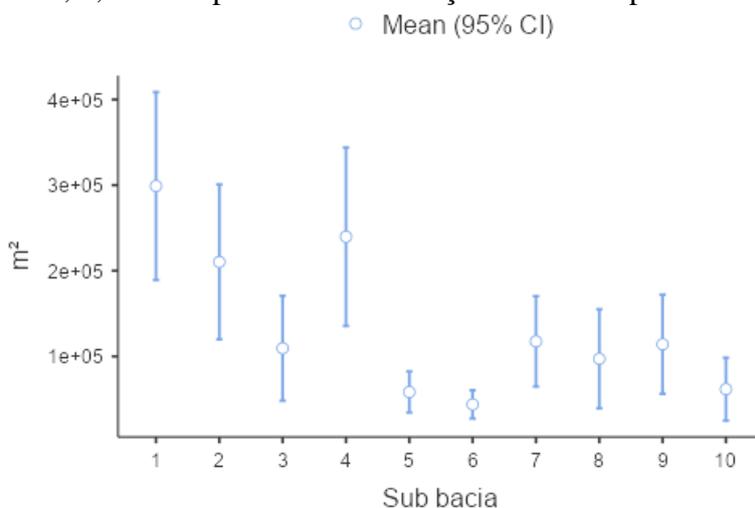


Figura 39. Sistematização do Intervalo de Confiança das sub-bacias (95% IC)

Um intervalo de confiança é uma maneira de descrever a confiabilidade de uma estimativa (FOSTER, 2014). Neste sentido, em linhas gerais e com base na validação dos dados, a interpretação é que os conjuntos das sub-bacias apresentam um comportamento característico, de modo que representam conjuntos diferentes entre si e, portanto, válidos para uma tomada de decisão como unidades distintas.

DISCUSSÃO

Os processos que ocorrem na paisagem geram padrões e estruturas, os quais, concomitantemente, são também influenciados e guiados pelas estruturas espaciais dominantes. Se refere às causas e efeitos da heterogeneidade espacial sobre os diferentes processos ecológicos, econômicos e socioespaciais, sendo que o potencial da análise está na combinação de estudos complementares (LANG & BLASCHKE, 2009).

A utilização de ferramental tecnológico, como SIG, leva a um direcionamento no processo de estudo complementar e no processo de tomada de decisão, especialmente no que se refere às questões vinculadas ao planejamento e à organização do espaço geográfico, utilizando-se da possibilidade de manipular simultaneamente mais de um critério e permitindo o fornecimento de dados mais concretos para a tomada de decisão (FITZ, 2008).

Os resultados apresentados nesta pesquisa podem ser discutidos à luz da literatura e de pesquisas que reforçam a importância e fundamental necessidade desta temática acerca dos usos da terra e conservação de recursos hídricos.

Num aspecto geral da delimitação da área de estudo desta pesquisa, os resultados evidenciam dados em que se observa o predomínio das classes mata (41%), campo limpo (35%), solo exposto (8%), áreas urbanas e ocupações humanas (somando aproximadamente 6%), reflorestamento (5%) e campo agrícola (aproximadamente 1%).

O arranjo espacial da paisagem no município de Capela do Alto evidencia a heterogeneidade da cobertura e usos da terra. Os resultados evidenciam que mais de 30% do território tem como predomínio a classificação campo limpo, observando-se também o destaque para mata e seus fragmentos florestais. Esse arranjo pode ser compreendido e associado ao processo de intenso retalhamento e fragmentação da paisagem, como abordado por Lang & Blaschke (2009), o qual provoca consequências nocivas mediante a combinação de diversos efeitos negativos como perda de habitat, efeitos de barreira e colisões, por exemplo.

Nas premissas da Biogeografia, as mudanças físicas associadas à perda e fragmentação do habitat incluem redução da área total (recursos e produtividade dos habitats nativos), aumento do isolamento dos fragmentos remanescentes e populações locais, assim

como mudanças significativas nas características ambientais dos fragmentos, incluindo mudanças no fluxo da água (BROWN & LOMOLINO, 2006).

Numa abordagem individual das sub-bacias, em relação aos fragmentos florestais, as sub-bacias 02, 03 e 06 são as unidades com índice inferior a 40%, as quais estão delimitadas, na sua porção maior ao centro e uma porção ao sul do município, caracterizando-se também, pelas unidades de sub-bacias com maior percentual de classificação como residenciais e urbano adensado, num intervalo entre 1,404 e 7,959% de área. Considerando esse cenário, é importante destacar que as intervenções antrópicas no sistema de drenagem, principalmente em áreas urbanas, fazem com que toda a diversidade de caminhos do sistema natural das águas seja reduzida apenas ao escoamento e infiltração, com maior participação do primeiro, haja vista que os solos são quase que totalmente impermeabilizados, dificultando a ação do processo de infiltração no solo, e, conseqüentemente, abastecimento do sistema de águas subterrâneas e problemas de enchentes no fluxo superficial (BOTELHO, 2011; NARDINI, 2009)

Pensar a preservação dos recursos hídricos envolve um conjunto de fatores importantes, mas principalmente se faz necessário a preservação da mata ciliar, sendo esta, de suma relevância para a qualidade da água pois proporciona a diminuição dos processos de erosão e assoreamento no leito e margem dos rios, o aumento da infiltração das águas provenientes das chuvas para o abastecimento dos lençóis freáticos e a regularização da vazão das águas superficiais pela redução da sua velocidade de escoamento, além de dificultar o despejo de lixo e esgoto nos cursos de água e obstar que os agrotóxicos das lavouras sejam levados pelas águas da chuva aos mesmos, mantendo assim o solo e as águas protegidos (BOTELHO, 2011; NARDINI, 2009).

Em relação à análise das classes de Cobertura Vegetal e Usos da Terra na APP das Sub-bacias, destaca-se que a classificação campo limpo foi identificada em todas as unidades, sendo o menor percentual identificado na sub-bacia 10, a qual tem sua maior área de uso na APP destinada também ao reflorestamento (62,228%). Já o maior índice de 58,199% de campo limpo está localizado na sub-bacia 5, com sistema de drenagem direcionado ao Rio Sarapuí.

Quanto aos dados de áreas classificadas como residencial e urbano adensado na APP, somam-se aproximadamente 6% do total de área, sendo que, em análise individual, as sub-bacias com maiores índices são as sub-bacias 2 (15,335%), 3 (10,619%), 6 (23,701%) e 7 (14,225%), localizadas na região central e sul do município. A classificação das áreas com solo exposto na APP da hidrografia apresentou índices considerados altos, de até 31,636% na sub-bacia 4, seguida da sub-bacia 2 com 22,175% e a sub-bacia 9 com 19,817%.

Observa-se que a APP apresenta um arranjo espacial da cobertura vegetal que pode ser analisado a partir do processo de retalhamento e fragmentação, considerando que a área delimitada de APP da hidrografia deveria apresentar predomínio de mata. (LANG & BLASCHE, 2009) Essas áreas de conflito de uso em APP podem provocar consequências nocivas mediante a combinação de diversos efeitos negativos na dinâmica natural, como efeitos erosivos e lixiviação dos solos, regularização do fluxo hídrico, assoreamento dos cursos d'água (COSTA *et al.*, 1996).

Apesar de 41% de toda a área de APP representar áreas com remanescentes florestais, o resultado de que 59% da área de preservação permanente incorpora a maior parcela de áreas com usos indevidos.

Estudos desenvolvidos na microbacia do Ribeirão do Morro Grande – Bofete (SP) por Nardini (*at al.*, 2015), corroboram com as consequências e gravidade do desflorestamento, com resultados que mostram que 21,13% das APP's estão sendo usadas inadequadamente com pastagens (85,93%), com reflorestamento por eucalipto (13,55%) e solo exposto (0,52%). O uso indevido de pastagens em APP na região de Botucatu foi muito preocupante, devido à expansão da pecuária e a tecnificação dessas áreas que têm a função de proteção, preservação e conservação dos recursos hídricos (NARDINI, *et al.*, 2015).

Em relação ao modelo síntese de criticidade ambiental para preservação dos recursos hídricos de Capela do Alto/SP, o mapeamento revela que 47,34% do território está classificado como alta e muito alta criticidade ambiental, ou seja, demonstra um elevado índice de fragilidade do município em relação a ações conservacionistas da hidrografia. Revela, também, que 17,61% do território está classificado com índice médio e 35,04% classificado como baixo e muito baixo grau de fragilidade ambiental.

A caracterização dos usos da terra e o mapeamento de criticidade da APA de Itupararanga realizados através dos estudos de Pereira (2022), evidencia áreas destinadas à ocupações e atividades diversificadas e à ocupações agrícolas nas Sub-bacia 3 (Ribeirão Vargem Grande) e Sub-bacia 7 (Rio Sorocabuçu NW), de modo que o arranjo estrutural da paisagem 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, ações estas que reforçam os resultados e a discussão acerca da temática proposta na análise da paisagem de Capela do Alto.

A análise da caracterização da declividade em Capela do Alto, relevos classificados como planos, suave ondulados e ondulados em sua maior área, reflete e favorece o manejo e prática das atividades agrícolas e pecuárias, o que se consolida nos resultados dos percentuais significativos como solo exposto, campo limpo e atividades agrícolas nas sub-bacias, refletindo na dinâmica ambiental da paisagem (PEREIRA, 2022).

Portanto, considerando as classes média, alta e muita alta fragilidade, o mapeamento demonstra que quase 2/3 (dois terços) do município apresenta altos índices de criticidade ambiental, portanto, baixa potencialidade à preservação dos recursos hídricos, sendo urgente a demanda por ações conservacionistas das áreas fundamentais e estratégicas para proteção dos recursos naturais, de modo que possa 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, garantindo sua efetiva função ao habitat natural e à consequente conservação dos recursos hídricos (BROWN & LOMOLINO, 2006; PEREIRA, 2022).

A análise integrada dos dados justifica a necessidade de ações por parte de Políticas Públicas que sejam realizadas de modo particular e de acordo com a necessidade de cada área, tornando-se eficiente na definição de prioridade de acordo com o impacto dos tipos de uso e delimitação das áreas prioritárias para a recuperação florestas da APP visando estratégias eficientes para a proteção dos recursos naturais.

5 CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um modelo de apoio à deliberação para definir as áreas e escala de prioridade para restauração da cobertura vegetal, através do método de avaliação multicritério com dados de alta resolução, otimizando, portanto, as ações de recuperação e preservação dos fragmentos florestais e ações eficientes por meio de Políticas Públicas.

A pauta do Planejamento Público de desenvolvimento econômico e tecnológico deve considerar não apenas as potencialidades dos recursos, mas sobretudo as fragilidades dos ambientes naturais dentro de uma perspectiva de planejamento do território, seja ele municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica ou qualquer unidade, ou seja, é imprescindível que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial (ROSS, 1994).

O presente estudo apresentou uma aplicação do conceito de Inferência Geográfica, associado ao método Booleano Ponderativo, fundamentado em uma metodologia de integração de mapas que produzem um modelo síntese de representação da fragilidade ambiental do município de Capela do Alto, numa concepção do Planejamento Ambiental e do diagnóstico ambiental em que os procedimentos apresentados e os produtos como resultado exemplificam essa aplicação e representam importante contribuição na compreensão das dinâmicas ambientais, permitindo ferramentas práticas para o processo de tomada de decisão.

A análise integrada dos dados justifica a necessidade de ações por parte de Políticas Públicas que sejam realizadas de modo particular e de acordo com a necessidade de cada área, tornando-se eficiente na definição de prioridade de acordo com o impacto dos tipos de uso e delimitação das áreas prioritárias para a recuperação florestal da APP visando estratégias eficientes para a proteção dos recursos naturais. O mapeamento da cobertura vegetal e usos da terra possibilitou a caracterização do padrão estrutural da paisagem na delimitação das sub-bacias e da APP da hidrografia, de modo que apresentou fundamental relevância à análise da criticidade do arranjo espacial em relação à conservação dos recursos hídricos.

Quanto ao diagnóstico ambiental, o modelo evidenciou que 47,34% do município de Capela do Alto está classificado como alta e muito alta criticidade ambiental, ou seja, demonstra um elevado índice de fragilidade do município em relação ao potencial conservacionista da hidrografia em nascentes, rios e afluentes. Assim como ao menos 80% das sub-bacias apresentam índice superior a 30% de fragilidade ao potencial conservacionista.

A pesquisa estabeleceu 10 unidades de análises para o diagnóstico ambiental objetivando a preservação dos recursos hídricos do município de Capela do Alto – SP. Foi identificado que as sub-bacias se configuram em três grupos sendo que 6 sub-bacias apresentam altos índices de criticidade a conservação dos recursos hídricos e apenas uma sub-bacia apresenta os melhores índices.

Considerando que a dinâmica de cobertura e usos da terra não se dá de forma homogênea, a análise integrada dos dados auxilia a necessidade de ações por parte de Políticas Públicas que sejam realizadas de modo particular e de acordo com a necessidade de cada área, tornando-se eficiente na definição de prioridade de acordo com o impacto dos tipos de uso e delimitação das áreas prioritárias para a recuperação florestas da APP visando estratégias conservacionistas dos recursos hídricos.

Importante destacar que esta pesquisa se realizou como medida de trabalho laboratorial, numa escala de análise regional, a partir da modelagem de dados, a partir de uma fragmentação do espaço em unidades de sub-bacias para possibilitar análises e comparações individuais, de modo que é evidenciado que os diferentes impactos nos recursos hídricos exigem diferentes estratégias e intervenções diferenciadas de recuperação vegetal para a conservação hídrica pois os comportamentos são distintos.

Levando-se em considerações as limitações desta pesquisa, como a necessidade e relevância de um estudo de campo pormenorizado com visitas *in loco* para comprovação dos usos da terra e verificações das condições de nascentes e APP dos rios e córregos, este é um trabalho que pode ser ainda complementado. Deste modo, acredita-se no potencial dos estudos à continuidade de pesquisa, visando a compreensão sobre as mudanças espaço-temporais das estruturas da paisagem e de avaliação da funcionalidade à conservação, preservação e condições quali-quantitativas do recurso hídrico em uma escala de detalhe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEM, AGÊNCIA METROPOLITANA DE SOROCABA, 2022. Disponível em <https://www.agemsorocaba.sp.gov.br/>

ALVES, G. M. R.; FERREIRA, M. L. M. **USO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) NA BACIA DO CÓRREGO DO PÂNTANO, MUNICÍPIO DE ALFENAS-MG.** Revista de Geografia, PPGeo – UFJF. Juiz de Fora, v.6, n.4, p.329-337, 2016 Disponível em <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18036/9331>

ASPIAZU, C.; ALVES, L. M. & VALENTE, O. F. **MODELOS DIGITAIS DE TERRENOS CONCEITUAÇÃO E IMPORTÂNCIA.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 21, p.27-36, dez. 1990. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/4882/1/aspiazu.pdf>
Acesso em 30/04/2022

BARBOSA, C. C. F. **ÁLGEBRA DE MAPAS E SUAS APLICAÇÕES EM SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO.** INPE, São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 1999. Disponível em <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/banon/1998/05.07.15.37/doc/publicacao.pdf>

BASSO, S. L.; NERY, J. T. **A DINÂMICA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NOS COMITÊS MÉDIO PARANAPANEMA, PARAÍBA DO SUL E SOROCABA MÉDIO TIETÊ.** In: **MÉMOIRAS DO III WORKSHOP INTEGRAÇÃO DE SABERES AMBIENTAIS.** p. 13. 2017.
Disponível em: https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/PosCA/Anais_Integracao-Saber-Ambientais_III.pdf#page=13

BATISTA, L. E.; ESCUDER, M. M. L. & PEREIRA, J. C. R. **A COR DA MORTE; CAUSAS DE ÓBITO SEGUNDO CARACTERÍSTICAS DE RAÇA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1999 a 2001.** Revista de Saúde Pública, 38 (5), out 2004 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/sXtjLTwWmPfvMXQVvqLBgrS/?lang=pt>

BOTELHO, R. G. M. **BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS.** Geomorfologia urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, n. 3, p. 71-115, 2011.

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. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/article/viewFile/2120/3231>

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, P. D. **MAPEAMENTO DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA – MG, UTILIZANDO IMAGENS CCD/CBERS 2.** Caminhos de Geografia, 13 (15) p. 144-153, Jun/2005. Disponível em <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>

BROWN, J.H.; LOMOLINO, M. V. **BIOGEOGRAFIA**. 2. ed. Ribeirão Preto, SP : FUNPEC, 2006

CAMARGO, V. **RACIONAMENTO DE ÁGUA MAIS RÍGIDO COMEÇA NESTA TERÇA (25) EM SOROCABA**. Jornal Cruzeiro do Sul, Sorocaba, 2022. Disponível em: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/noticias/2022/01/687110-rationamento-de-agua-mais-rigido-comeca-nesta-terca-25-em-sorocaba.html>

CAMPOS, S.; GRANATO, M.; SOARES, M. C. E. *et al.* **GEOPROCESSAMENTO APLICADO NA ESPACIALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E ÁREAS DE CONFLITOS NA SUB-BACIA RIBEIRÃO HORTELÃ**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, v.17, n.2, p.59-69, dez, 2010 Disponível em http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/tdBdgINrw04V1yk_2013-5-10-16-27-10.pdf

CAPELA DO ALTO. **INVENTÁRIO DA OFERTA TURÍSTICA**, 2018. Disponível em <http://data.capeladoalto.sp.gov.br/file/2018/08/02/H151852-F00001-S134.pdf>

CBH-SMT. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Sorocaba-médio Tietê. Relatório de situação dos recursos hídricos. UGRHI 10. Ano base 2019. 2020. 110 p disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>

COELHO, C. A. S; CARDOSO, D. H. F; FIRPO, M. A. F. A SECA DE 2013 A 2015 NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL. Revista Climanalise, p. 55-66, 2016. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf>

COSTA, T.C.C.; SOUZA, M.G.; BRITES, R.S. **DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, POR MEIO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**. In VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais... Salvador: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996. p.121-127. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.16.17/doc/T48.pdf>

DUNN, M.; HICKEY, R. The effect of slope algorithms on slope estimates within a GIS. Cartography, v. 27, n. 1, p. 9-15, dec. 1998

DA SILVA, F.I. **DESAFIOS PARA CONSERVAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE FACE ÀS MUDANÇAS ADVINDAS DA LEI N° 12.651/2012**. 2015, 88 f. Monografia (pós-graduação lato sensu) - Universidade Federal de Viçosa, 2009. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/teses/flaviaimaculadasilvamonografia.pdf>

DE ALBUQUERQUE, M. A. **ANÁLISE DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICA E INCREMENTAL - ESTUDO DE CASO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**. 2013, 160 f. Tese (Doutorado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Estatística e Informática, Recife, 2013 Disponível em:

http://ww2.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/tese_macio_augusto_albuquerque.pdf

DE MORAES NOVO, E. ML. **SENSORIAMENTO REMOTO: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES**. Editora Blucher, 2010.

DE SOUZA, E. P., & ARRUDA, E. M. (2019). **GEOSSISTEMAS E DINÂMICA DA PAISAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA, REGIÃO DE SOROCABA, SÃO PAULO**. Revista Contexto Geográfico, 4(7), 83–93. Disponível em <https://doi.org/10.28998/contegeo.v4i7.8100>

EGLER, C.A.G.; BESSA, V.C.; GONÇALVES, A.F. **PENSAR O TERRITÓRIO E A REGIÃO: POR UMA AGENDA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL**. Mercator: Fortaleza, v.12, n.28, p.7-17, mai. /ago. 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2736/273628671002.pdf>

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **SATÉLITES DE MONITORAMENTO**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. Disponível em <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>

FITZ, P. R. **GEOPROCESSAMENTO SEM COMPLICAÇÃO**. São Paulo : Oficina de Textos, 2008

FOSTER, C. **CONFIDENCE TRICK: THE INTERPRETATION OF CONFIDENCE INTERVALS**. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 14 (1), 23-34, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/14926156.2014.874615?needAccess=true&role=button>

GARCIA-MARQUES, T. **A HIPÓTESE DE ESTUDO DETERMINA A ANÁLISE ESTATÍSTICA: UM EXEMPLO COM O MODELO ANOVA**. Análise Psicológica (1997), 1 (XV): 19-28 Disponível em: https://repositorio.ispa.pt/bitstream/10400.12/5668/1/1997_1_19.pdf

HAESBAERT, R. **DA DESTERRITORIALIZAÇÃO À MULTIPLICIDADE**. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina USP, Departamento de Geografia, 20-26 de março de 2005. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/38739>

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. & BLACK, W. C. **ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS**. trad. Adonai Schulup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. – 5 ed. – Porto Alegre : Bookman, 2005 Disponível em <https://www.dropbox.com/s/ltqo43ymfxpkp46/ANALISE%20MULTIVARIADA%20DE%20DADOS%20-%20Joseph%20Hair.pdf?dl=0>

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CIDADES**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>

JENSEN, J. R. & EIPHANIO, J. C. N. (2009). **SENDORIAMENTO REMOTO DO AMBIENTE: UMA PERSPECTIVA EM RECURSOS TERRESTRES**. (p. 598). São José dos Campos: Parêntese Editora.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **ANÁLISE DA PAISAGEM COM SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423 p. Tradução de: Hermann Kux.

LEINFELDER, F. M. S. U.; CORREA, C. J. P.; LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. **INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS NA GESTÃO INTEGRADA DAS SUB BACIAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SOROCABA, SP**. Sociedade & Natureza, v. 31, p. 1-19, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/361f/65d31461b2f89c8cfe6a56aa259d5a903667.pdf>

LINDE K, WILLICH SN. **HOW OBJECTIVE ARE SYSTEMATIC REVIEWS? DIFFERENCES BETWEEN REVIEWS ON COMPLEMENTARY**. J R Soc Med. 2003; 96:17-22. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/014107680309600105>

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **PRINCIPIOS DE FOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO**. São Paulo: Nobel, 1986. 253p.

MARTINES, M. R. **INFERÊNCIAS GEOGRÁFICAS: O PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO E O MODELO BOOLEANO PONDERATIVO APLICADOS NO DIAGNÓSTICO DA ESTABILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE ITIRAPINA**. GEOUSP Espaço e Tempo : Revista da Pós-Graduação em Geografia, n. 19, p. 268, 2006 Disponível em <https://repositorio.usp.br/item/001561146>

MARTINES, M. R.; MACHADO, R. P. P. ; TOPPA, R. H. . **USO DE INFERÊNCIA GEOGRÁFICA APLICADA AO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA A TOMADA DE DECISÃO**. In: Carmino Hayashi, Diego de Souza Sardinha, Paulo Augusto Zaitune Pamplin.. (Org.). Ciências ambientais : diagnósticos ambientais. 1ed.Ribeirão Preto: 2020, v. 1, p. 102-124.

LOMOLINO, M. V.; BROWN, J. H. **BIOGEOGRAPHY**. 4.ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2011. 878p.

MONTEIRO, R. C. **ESTIMATIVA ESPAÇO-TEMPORAL DA SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO (SP), BRASIL**. 2003. xvii, 209 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102909>

MINAYO, M. C. S. (org.). **Ciência, Técnica e Arte: o desafio da pesquisa social**. In: **CIÊNCIA E PESQUISA SOCIAL. TEORIA MÉTODO E CRIATIVIDADE**. 18 ed.

Petrópolis: Vozes, 2001. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/franciscovargas/files/2012/11/pesquisa-social.pdf>

MORAES, F. N. & ARRUDA, E. M. **SIGNIFICADO DOS DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO IPERÓ, REGIÃO DE SOROCABA-SP**. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia – UGB, 2010. Disponível em <http://lsie.unb.br/ugb/sinageos/detalhe/9>

NARDINI, R. C. **DETERMINAÇÃO DO CONFLITO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA-FRIA, BOFETE (SP) VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. 2009. vii, 61 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/93789>

NARDINI, R. C. *et al.* **AValiação das Áreas de Conflito de Uso em APP na Microbacia do Ribeirão Morro Grande**. Caminhos de Geografia, v. 16, n. 55, p. 104-113, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/137718>

PEREIRA, Letícia de Oliveira. **USOS E COBERTURA DA TERRA NA APA DE ITUPARARANGA: A criticidade da paisagem nas APPs**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16316/DISSERTA%
c3%87%c3%83O_FINAL_LETICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16316/DISSERTA%c3%87%c3%83O_FINAL_LETICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PORTAL DA PREFEITURA DE CAPELA DO ALTO, C. 2022. Disponível em <http://www.capeladoalto.sp.gov.br/>

RODRIGUES, C.;VILLELA, F. N. J. **DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DE ÁGUA NA GRANDE SÃO PAULO: ELEMENTOS-CHAVE PARA COMPREENDER A ORIGEM DA ATUAL CRISE DE ABASTECIMENTO**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 399-421, mês. 2016. ISSN 2179-0892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/111496/112859>

ROSA, R. & SANO, E. E. **USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO PARANAÍBA**. Campo-Território: Revista de Geografia Agrária, v. 9, n. 19, p. 32-56, out., 2014 Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/24277/15593/0>

ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A. V. & LOURENÇO, R. W. **ESTRUTURA DA PAISAGEM, RELEVO E HIDROGRAFIA DE UMA MICROBACIA COMO SUPORTE A UM PROGRAMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À ÁGUA**. Revista Ambiente & Água, vol. 9, n. 3, Taubaté - jul. / Sep 2014 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/Q5SbfgbyFhqLqW78KY7H3Bf/?format=pdf&lang=pt>

ROSS, J. L. S., & MOROZ, I. C. (2011). **MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Revista Do Departamento De Geografia, 10, 41-58, 1996
<https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>

ROSS, J. L. S. (2011). **ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS E ANTROPIZADOS**. Revista Do Departamento De Geografia, 8, 63-74. 1994 Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em <https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmt/apresentacao>

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO BÁSICO. Ministério das Cidades, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

TEMBA, P. **FUNDAMENTOS DA FOTOGRAMETRIA**. Belo Horizonte: UFMG, 2000

TINÓS, T. M. *et al.* **TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO PARA O RECONHECIMENTO DE ELEMENTOS DE ANÁLISE DO RELEVO**. Revista Geociências, São Paulo, v. 33, n.2, p. 202-215, 2014 Disponível em
<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/8997/6214>

TONELLO, K. C. **MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DAS POMBAS, GUANHÃES, MG**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, fev. 2005. Disponível em
http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2510/Disserta%c3%a7a_o_Kelly-Cristina-Tonello.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TOPPA, R. H. *et al.* **GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTABELECIMENTO DE UNIDADES DE PLANEJAMENTO COMO SUBSÍDIO À GESTÃO AMBIENTAL**. In: BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; MIRANTE, M. H. P (org). **Geotecnologias aplicadas às questões ambientais**. Tupã: ANAP, 2017. p. 10-30.

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 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUISTA FILHO”. Biblioteca Prof. Paulo de Carvalho Mattos. **Tipos de Revisão de Literatura**. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu. 2015. Disponível em
<https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>

UTIMURA, I. **CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE FAVELAS E POSSÍVEIS CORRELAÇÕES COM SINTOMAS RESPIRATÓRIOS: O CASO DO “ASSENTAMENTO FUTURO MELHOR” – SP**. 2010. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-06072011-091727/publico/2010_IsabelUtimura.pdf

VANZELA, L. S. HERNANDEZ, F. B. T. & FRANCO, R. A. M. **INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MARINÓPOLIS.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.1, p.55–64, 2010 Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wYWM8Ws6jCnzYQrVvJx3fzJ/?format=pdf&lang=pt>

VETTORAZZI, C. A. **AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIOS, EM AMBIENTE SIG, NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À RESTAURAÇÃO FLORESTAL VISANDO À CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.** 2006. Tese (Livre Docência em Geoprocessamento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. doi:10.11606/T.11.2007.tde-06072007-103043. Acesso em: 2022-07-18. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-06072007-103043/pt-br.php>

VILLELA, F. N. J. **ANÁLISE DA RELAÇÃO RELEVO-ROCHA-SOLO NO CONTATO PLANALTO ATLÂNTICO-DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA.** 2011. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-25052012-153126/pt-br.php>

XAVIER-DA-SILVA, J. **GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE AMBIENTAL.** Rio de Janeiro, 8249-2072 (2001)