



**COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DA CETESB
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “CONFORMIDADE
AMBIENTAL COM REQUISITOS TÉCNICOS E LEGAIS”**



Felipe Augusto Braz

**ANÁLISE DA FUNÇÃO AMBIENTAL DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DO RIO DO PEIXE EM UMA ÁREA URBANA
CONSOLIDADA: subsídios para análise no licenciamento ambiental paulista**

**São Paulo
2023**



Felipe Augusto Braz



**ANÁLISE DA FUNÇÃO AMBIENTAL DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE DO RIO DO PEIXE EM UMA ÁREA URBANA
CONSOLIDADA: subsídios para análise no licenciamento ambiental paulista**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, da Escola Superior da CETESB, como requisito para obtenção do título de Especialista em Conformidade Ambiental.

Orientador: Prof. Me. Felipe Rosafa Gavioli

**São Paulo
2023**

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

B839a	<p>Braz, Felipe Augusto Análise da função ambiental de área de preservação permanente do rio do Peixe em uma área urbana consolidada : subsídios para análise no licenciamento ambiental paulista / Felipe Augusto Braz. – São Paulo, 2023. 62 p. : il. color. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Me. Felipe Rosafa Gavioli. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Conformidade Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2023. Disponível também em: <http://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/producao-tecnico-cientifica/>.</p> <p>1. APP 2. Geoprocessamento 3. Gestão ambiental 4. Legislação florestal 5. Licenciamento ambiental 6. Socorro (SP) I. Gavioli, Felipe Rosafa, Orient. II. Escola Superior da CETESB (ESC). III. Título.</p> <p>CDD (21. ed. Esp.) 333.75 16 816 1 CDU (2. ed. Port.) 502.171:349.6 (815.6)</p>
-------	---

Catálogo na fonte: Margot Terada – CR8. 4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização.
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2024.

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

Site: <<http://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/producao-tecnico-cientifica/>>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a):	Felipe Augusto Braz	
Título do trabalho:	ANÁLISE DA FUNÇÃO AMBIENTAL DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO DO PEIXE EM UMA ÁREA URBANA CONSOLIDADA: subsídios para análise no licenciamento ambiental paulista	Turma: 2021

Avaliadores	Nota	Assinatura
Avaliador 1 Nome: Paulo Guilherme Molin	9	 Documento assinado digitalmente PAULO GUILHERME MOLIN Data: 10/11/2023 12:32:35-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br
Avaliador 2 Nome: Adriana Maira Rocha Goulart	9	 ADRIANA MAIRA ROCHA GOULART PINTO Data: 10/11/2023 10:47:30-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br
Orientador Nome: Felipe Rosafa Gavioli	9	 Documento assinado digitalmente FELIPE ROSAFA GAVIOLI Data: 24/10/2023 14:09:07-0300 Verifique em https://validar.it.gov.br
Nota final	9	
Aprovado em São Paulo, 16 de Outubro de 2023		

Ciência do aluno(a) nome:	Assinatura FELIPE AUGUSTO BRAZ:41722437898	Assinado de forma digital por FELIPE AUGUSTO BRAZ:41722437898 Dados: 2024.01.09 17:33:44 03'00'
---------------------------	--	--

A aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso não significa aprovação, endosso ou recomendação, por parte da CETESB, de produtos, serviços, processos, metodologias, técnicas, tecnologias, empresas, profissionais, ideias ou conceitos mencionados no trabalho.

AGRADECIMENTOS

Sou grato por ter tido a oportunidade de cursar a Pós-Graduação da CETESB, ambiente no qual conheci professores, os quais na verdade são os agentes, gerentes, diretores e etc, das diferentes ramificações do vasto organograma da companhia, mas, que acima de tudo demonstram serem pessoas que buscam nos transmitir a visão da CETESB, sobre os diversos temas e procedimentos que a companhia realiza, buscando um objetivo em comum, a preservação do meio ambiente.

Agradeço ao meu professor e orientador, Felipe Rosafa Gavioli, o qual possui profundo conhecimento em Áreas de Preservação Permanente, legislações florestais e geotecnologias, que desempenhou a função de um orientador com dedicação e cordialidade, sempre disponível a compartilhar todo o seu conhecimento.

Agradeço a empresa “COAMI – Consultoria Ambiental e Mineração”, por ter me proporcionado a viabilidade financeira de cursar a pós-graduação, bem como de proporcionar o ferramental necessário para realização da presente pesquisa, sendo que agradeço em especial à Thainá Larissa dos Santos Silva, a qual auxiliou no georreferenciamento da presente pesquisa.

Agradeço aos meus colegas de curso, pela intensa convivência durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Agradeço a minha família por me incentivar e entender a ausência, bem como do sacrifício realizado, em busca do crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são locais especialmente protegidos, que devem ser mantidos com vegetação nativa e que desempenham uma série de funções ambientais conforme definido pela Lei 12.651/2012. No entanto, em regiões densamente urbanizadas, as APPs podem se apresentar com ocupações antrópicas, prejudicando o adequado desempenho de suas funções. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adota um protocolo técnico de análise de prejuízo das funções ambientais das APPs para tratar destas situações no âmbito do licenciamento ambiental, que é baseado em indicadores pouco objetivos e sujeitos a discricionariedade técnica. O presente trabalho realizou a análise da função ambiental da APP do Rio do Peixe, em trecho urbano consolidado do município de Socorro, interior do estado de São Paulo, com uso de geoprocessamento e a partir de cinco indicadores (classe de uso e cobertura da terra, área das manchas, índice de circularidade, declividade e susceptibilidade a inundação), aos quais foram atribuídas notas normalizadas. Os resultados indicaram que 46,16% da APP estudada está com a função ambiental prejudicada, sendo que estas áreas se concentram nas porções mais periféricas da faixa protegida, situadas entre 20 a 50 metros do corpo hídrico. Nas faixas mais próximas do corpo hídrico (0 a 20 metros), as funções ambientais estão mais íntegras. Conclui-se que a metodologia desenvolvida possibilitou reconhecer graus variáveis de prejuízo da função ambiental da APP nas faixas delimitadas em paralelo ao corpo hídrico, o que permite subsidiar técnica e cientificamente decisões do poder público municipal quanto a redefinição de APPs em áreas urbanas consolidadas nos termos da Lei 14.285/2021, permitindo ainda dar escala e maior objetividade às análises do órgão ambiental estadual quanto a avaliação das funções ambientais das APPs no contexto do licenciamento ambiental.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente; Lei de Proteção da Vegetação Nativa; Geoprocessamento; Serviços Ambientais.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (PPAs) are sites specially protected that must have their native vegetation maintained and that present multiple environmental functions as defined by Law 12.651/2012. However, in densely urbanized regions, PPAs may be presented with anthropic occupations, impairing the adequate performance of their functions. The Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB) has a technical protocol to analyze damages to the environmental functions of APPs in order to deal with situations within the scope of environmental licensing, which is based on indicators that are not very objective and subject to technical discretion. The present work carried out the analysis of the environmental function of the APP of Rio do Peixe, located in a consolidated urban site of the Municipality of Socorro, in the countryside of the state of São Paulo, using geoprocessing and following five indicators (class of use and land cover, patch area, circularity index, slope and susceptibility to flooding), to which were attributed normalized scores. The results indicated that 46.16% of the studied APP sites have their environmental function impaired, and these areas are concentrated in the most peripheral portions of the protected region, located between 20 and 50 meters from the water body. In the range closest to the water body (0 to 20 meters), the environmental functions are more intact. It is concluded that the methodology developed made it possible to recognize variable degrees of damage to the environmental function of the APP in the delimited ranges in parallel to the water body, which allows technical and scientific decisions to be taken by the Municipality Government regarding the redefinition of APPs in urban areas consolidated under the terms of Law 14.285/2021, also escalating and giving greater objectivity to the analysis of the state environmental agency regarding the assessment of the environmental functions of APPs in the context of environmental licensing.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Protection of Native Vegetation Law; Geoprocessing; Environmental Services.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização do município de Socorro no Estado de São Paulo.	23
Figura 2 - Bacias hidrográficas do município de Socorro/SP.	24
Figura 3 - Mapa demonstrativo do inventário florestal do DATAGEO para o município de Socorro/SP.	25
Figura 4 - (a) Imagem aérea de 1978 e (b) Imagem aérea atual de 2021.	26
Figura 5 - Foto de drone do trecho montante sob estudo.	27
Figura 6 - Foto de drone do trecho central sob estudo.	28
Figura 7 - Foto de drone do trecho central sob estudo.	28
Figura 8 - Foto de drone do trecho jusante sob estudo.	29
Figura 9 - Foto de drone do trecho jusante sob estudo.	29
Figura 10 - Mapa da área de estudo.	30
Figura 11 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 0 à 500 metros.	36
Figura 12 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 500 à 1000 metros.	37
Figura 13 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 1000 à 1500 metros.	37
Figura 14 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 1500 à 2000 metros.	38
Figura 15 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 2000 à 2500 metros.	38
Figura 16 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 2500 à 3000 metros.	39
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 3000 à 3500 metros.	39
Figura 18 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 3500 à 4000 metros.	40
Figura 19 - Gráfico da compilação dos dados da margem esquerda.	41
Figura 20 - Gráfico da compilação dos dados da margem direita.	43
Figura 21 - Segmentação da vegetação arbórea por tamanho de área na margem esquerda.	45
Figura 22 - Segmentação da vegetação arbórea por tamanho de área na margem direita.	46
Figura 23 - Apresentação do índice de circularidade dos fragmentos arbóreos e gramíneas da APP.	48
Figura 24 - Apresentação da análise de declividade.	49
Figura 25 - Apresentação das áreas susceptíveis a inundação e estabilidade geológica na APP do Rio do Peixe.	50
Figura 26 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa A.	52
Figura 27 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa B.	53
Figura 28 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa C.	53
Figura 29 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa D.	54
Figura 30 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa E.	54
Figura 31 - Plotagem das faixas de atribuição de notas.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - ANEXO I disponível na Deliberação CONSEMA 03 de 2018.....	21
Tabela 2 - Base de dados geográficos utilizados no estudo.	31
Tabela 3 - Critério de notas atribuídas.	35
Tabela 4 - m ² de cada classe e faixa da margem esquerda.....	40
Tabela 5 - porcentagem (%) de cada classe e faixa da margem esquerda.....	41
Tabela 6 - m ² de cada classe e faixa da margem direita.	42
Tabela 7 - porcentagem (%) de cada classe e faixa da margem direita.....	42
Tabela 8 - Análise estatística de vegetação arbórea da margem esquerda.....	44
Tabela 9 - Análise estatística de vegetação arbórea da margem direita.....	48
Tabela 10 - Dados analisados no índice de circularidade.	48
Tabela 11 - Dados analisados da declividade.....	49
Tabela 12 - Análise da incidência de inundação.	51
Tabela 13 - Desempenho da função ambiental.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UGRHI	Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
MDE	Modelo Digital de Elevação
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
WMS	Warehouse Management System
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IC	Índice de Circularidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	199
2	METODOLOGIA.....	22
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	22
2.2	FOTOS EM CAMPO.....	27
2.3	BASE DE DADOS E ITINERÁRIO METODOLÓGICO.....	30
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1	USO E COBERTURA DA TERRA.....	36
3.2	ÁREA DAS MANCHAS DE VEGETAÇÃO ARBÓREA E DE GRAMÍNEAS	44
3.3	ÍNDICE DE CIRCULARIDADE	47
3.4	DECLIVIDADE.....	48
3.5	INUNDAÇÃO E ESTABILIDADE GEOLÓGICA.....	50
3.6	NOTA FINAL	51
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
<u> </u>	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

As florestas ripárias apresentam enorme relevância em paisagens antropizadas, considerando os seus múltiplos benefícios e a prestação de serviços ecossistêmicos associados à estas formações (MELLO et al., 2020).

Estas florestas promovem a conectividade entre fragmentos florestais, possibilitando o fluxo gênico de espécies de fauna e flora, e são centrais para a preservação de espécies cuja reprodução depende do acesso à água (ARROYO-RODRIGUES et al, 2020). A preservação e a restauração da vegetação florestal ao longo de rios e corpos d'água, bem como nas cabeceiras das bacias hidrográficas, favorece o controle da erosão, a retenção de sedimentos, a diminuição do escoamento superficial e consequentemente a infiltração de água no solo, implicando em incremento da disponibilidade hídrica em qualidade e em quantidade. (TAMBOSI et al., 2015; TANIWAKI et al., 2018; VEIGA et al., 2019; MELLO et al. 2020). As áreas ripárias merecem, assim, uma especial atenção em programas e projetos de restauração ecológica ao nível da paisagem (MELI et al., 2019).

Estas áreas ripárias são consideradas áreas especialmente protegidas, no marco da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) 12.651/2012, que considerou a faixa marginal ao longo dos corpos hídricos como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Conforme o artigo 3º da LPVN, define-se Área de Preservação Permanente como a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). Assim, a legislação vigente não apenas define a APP conforme sua localização geográfica, mas também associa a área especialmente protegida ao desempenho de uma série de funções ambientais.

No caso das APPs associadas a corpos hídricos, a LPVN define uma faixa variável de proteção, estabelecida em acordo com a largura do curso d'água, sendo que quanto maior a largura do corpo hídrico, maior a faixa protegida (BRASIL, 2012).

No contexto urbano, as APPs hídricas se encontram muitas vezes degradadas e ocupadas por estruturas urbanas consolidadas, de difícil reversão, o que acaba por prejudicar as funções ambientais previstas na própria LPVN. Estimativas da iniciativa Mapbiomas (2022) apontam que no Brasil haviam 121 mil hectares de APPs hídricas ocupadas por infraestruturas urbanas em 2020, o que corresponde a cerca de 29% das APPs incidentes em regiões urbanizadas. No município paulista de Indaiatuba, 20,56% das APPs hídricas estavam urbanizadas em 2015 (ARAÚJO, 2015), e em Jundiaí, 7,46% das APPs hídricas estavam degradadas em 2020 (GAVIOLI, HOSSOMI, 2020).

No contexto do licenciamento ambiental paulista, eventual regularização de um uso urbano consolidado em APP que não seja enquadrado como de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental pode ocorrer a partir do conceito de temporalidade de ocupação, temporalidade de parcelamento ou perda de função ambiental da APP. Este último conceito considera que uma determinada APP pode estar antropizada e urbanizada a tal ponto que já não desempenha as funções ambientais indicadas no artigo 3º da LPVN, de modo que o desfazimento de uma ocupação ou a restauração de um trecho da APP não implicaria em reabilitação das funções ambientais em uma escala de paisagem.

A Deliberação Normativa CONSEMA 03/2018 estabeleceu um procedimento para a análise da perda de função ambiental nestes casos, considerando, conforme seu Art. 2º, que uma área de preservação permanente perdeu suas funções ambientais quando, simultaneamente: I - não mais exerça a função de preservação de recursos hídricos; II - sua ocupação não comprometa a estabilidade geológica; III - não desempenhe papel significativo na preservação da biodiversidade; IV - não seja relevante para facilitar o fluxo gênico de fauna e de flora; V - sua preservação não tenha relevância para a proteção do solo ou para assegurar o bem-estar das populações humanas (SÃO PAULO, 2018)

Conforme a Deliberação, para realizar tal avaliação, deve ser elaborado conforme o Art. 3º o estudo da APP de curso d'água na extensão de 1.000 metros à montante e à jusante da área objeto de regularização, devendo ser estudados os indicadores analíticos do ANEXO I, os quais pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - ANEXO I disponível na Deliberação CONSEMA 03 de 2018.

Função Ambiental da APP (conforme o art. 3º inciso II da Lei Federal 12.651/2012)	Indicadores a serem analisados para avaliação da perda da função da APP Urbana
Preservação dos Recursos Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Quanto ao corpo d'água: canalizado ou não canalizado, retificado ou não retificado; • Presença de concreto, solo e/ou vegetação; • Existência de via pavimentada e/ou outra área impermeabilizada entre o empreendimento e o recurso hídrico
Estabilidade Geológica e proteção do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinação do terreno e a possibilidade de solapamento, erosão e colapso das edificações existentes.
Biodiversidade e Fluxo Gênico de Flora e Fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividade e proximidade com outras áreas protegidas • Corredores ecológicos • Área contigua a unidades de conservação, parques urbanos e maciços florestais • Possibilidade de reestabelecimento da conectividade com fragmentos de vegetação e do fluxo gênico em caso de demolição de construções existentes
Assegurar o bem-estar da população humana	<ul style="list-style-type: none"> • O histórico de inundações • Susceptibilidade da área a inundações ou situação de risco • Condição para implantação de solução de saneamento adequada • Existência de áreas verdes / permeáveis próximas

Fonte: Deliberação CONSEMA 03 de 2018.

Observa-se que a Deliberação CONSEMA 03/2018 buscou traduzir as funções ambientais das APPs conforme previsto na LPVN em indicadores que, no entanto, carecem de objetividade. Indicadores são métricas objetivas e mensuráveis, que podem ser construídas a partir de descritores. Estes últimos buscam contextualizar as características significativas de determinado elemento que será objeto da mensuração objetiva dada pelo indicador (FERRAZ, 2003). Nestes termos, os “indicadores” trazidos pela Deliberação CONSEMA 03/2018 carecem de parâmetros de avaliação e de uma metodologia clara de aplicação, abrindo margem para a subjetividade nas avaliações das funções ambientais por parte dos técnicos do órgão de licenciamento ambiental.

Atualmente, a Deliberação CONSEMA 03/2018 se encontra com aplicação suspensa em face de decisão judicial que considerou ilegal a inclusão da regularização de edificações em APPs com perda de função ambiental enquanto atividade de baixo impacto ambiental. Sem embargo, o roteiro analítico trazido pela Deliberação, com o estudo realizado em trecho de 1.000 metros à montante e à jusante da área objeto da regularização e a aplicação dos indicadores, é aplicado no âmbito dos processos administrativos da CETESB, através de outra modalidade de processo, solicitando-se

um “Parecer Técnico – Outros”, no qual a CETESB leva em consideração a presença das funções ambientais na área objeto de discussão, bem como de seu entorno.

Neste contexto, e de modo a tornar o procedimento de avaliação da perda de funções ambientais de APPs hídricas mais objetivo e menos sujeito a discricionariedade, o presente projeto buscou efetuar um diagnóstico da APP do Rio do Peixe na zona urbana do município de Socorro, avaliando o uso e ocupação da terra a partir da aplicação de geotecnologias e de análises estatísticas das classes de uso e ocupação em faixas segmentadas, com uso de indicadores e métricas menos subjetivas. O objetivo geral do projeto foi o de analisar as funções ambientais da APP do Rio do Peixe em um trecho urbano do município de Socorro, a partir da aplicação de indicadores objetivos associados a perda de função ambiental, baseados na aplicação de geotecnologias. Os objetivos específicos foram:

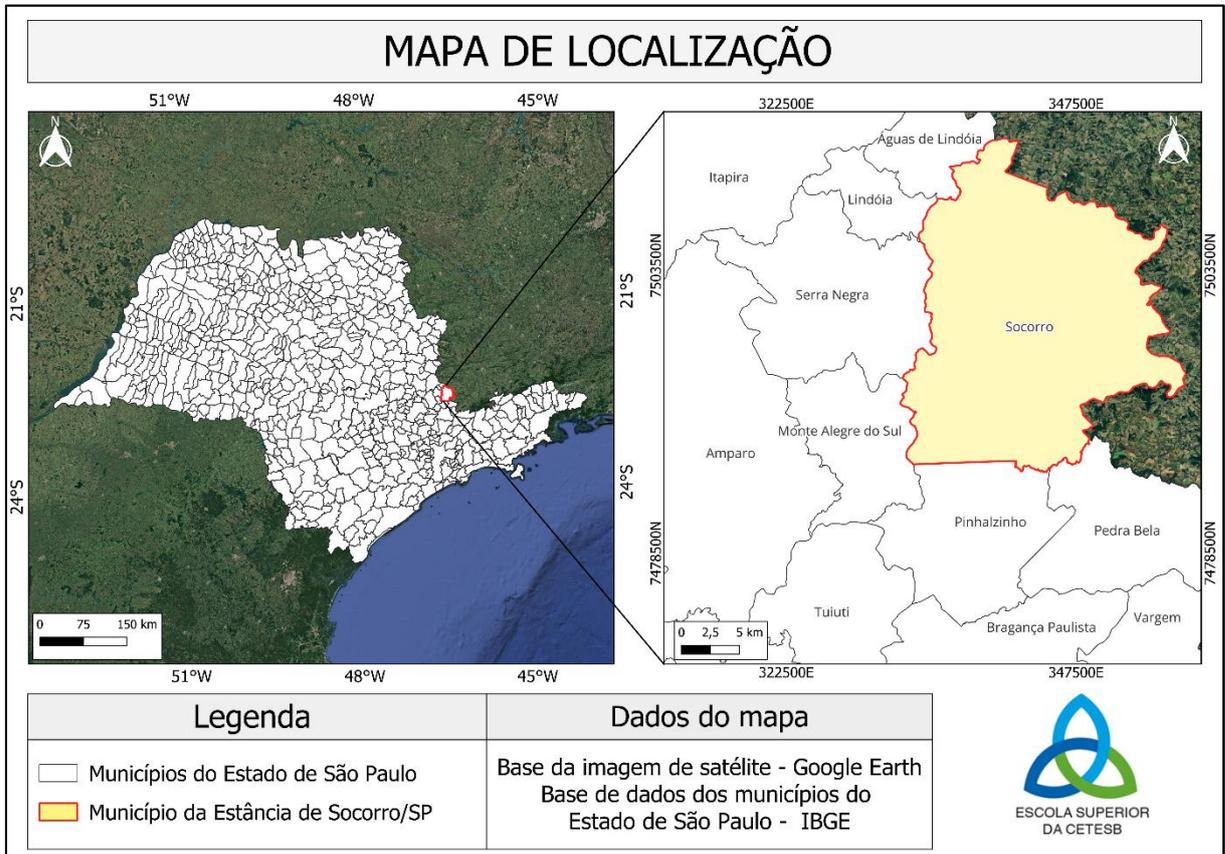
(i) realizar um diagnóstico atualizado das condições de uso e ocupação da terra em um trecho urbano da APP do Rio do Peixe em Socorro; (ii) analisar as funções ambientais a partir de indicadores e métricas objetivas. Partimos da hipótese de que é viável expressar a perda ou prejuízo às funções ambientais das APPs elencadas na Lei 12.651/2012 a partir de indicadores mensuráveis remotamente através de uso de geotecnologias, o que pode dar objetividade e escala a análise de perda de funções ambientais em regiões densamente urbanizadas do estado de São Paulo.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na APP do Rio do Peixe em área urbana consolidada do município de Socorro/SP, município este que fica localizado na região do circuito das águas paulistas, cerca de 130 km da capital São Paulo, conforme pode ser observado na Figura 1. O município possui uma área de aproximadamente 449 km² e população de 40.323 habitantes segundo o censo demográfico do IBGE de 2022.

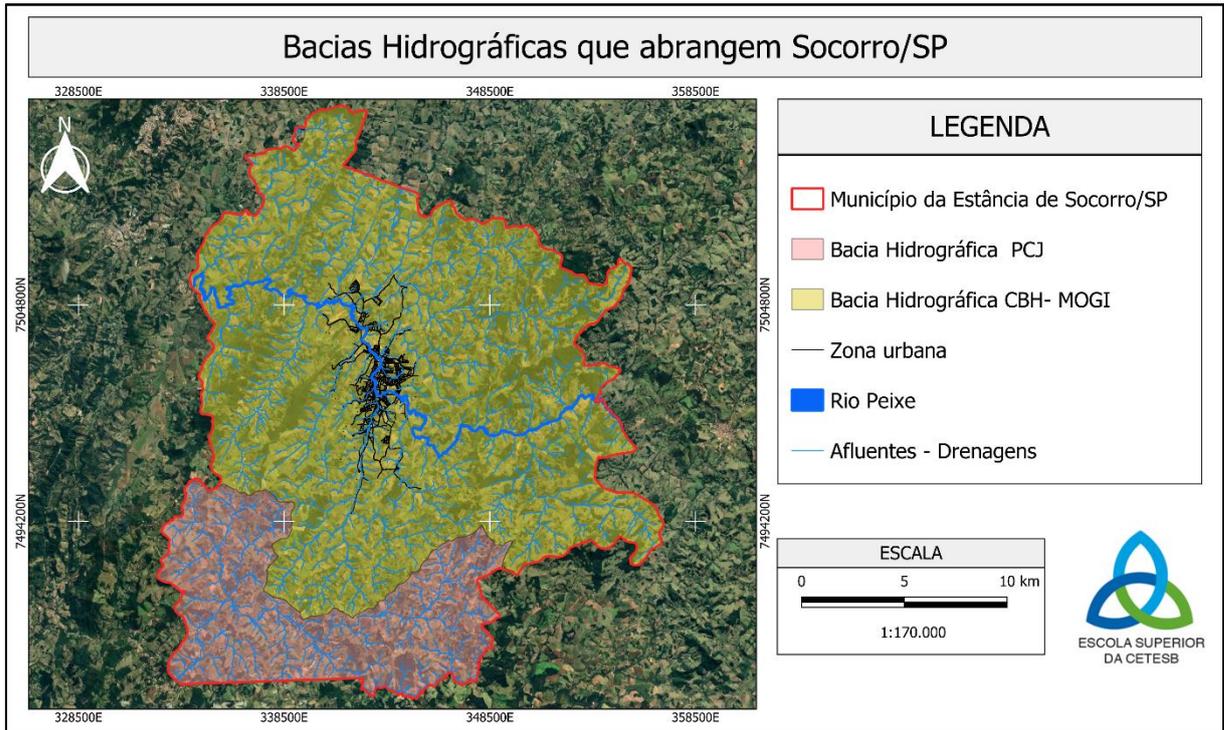
Figura 1 - Mapa de localização do município de Socorro no Estado de São Paulo.



Fonte: Autoria própria.

Situado a 755 m de altitude, Socorro fica localizada junto a Serra da Mantiqueira, com relevo montanhoso, possuindo diversas nascentes (perenes e intermitentes), que pertencem as bacias hidrográficas do Rio Mogi Guaçu (UGRHI 9) e a Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá PCJ (UGRHI 5), sendo que 84% do território está inserido na bacia do Rio Mogi Guaçu, inclusive a área urbana e 16 % do território ao sul do município está nas bacias do PCJ, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Bacias hidrográficas do município de Socorro/SP.

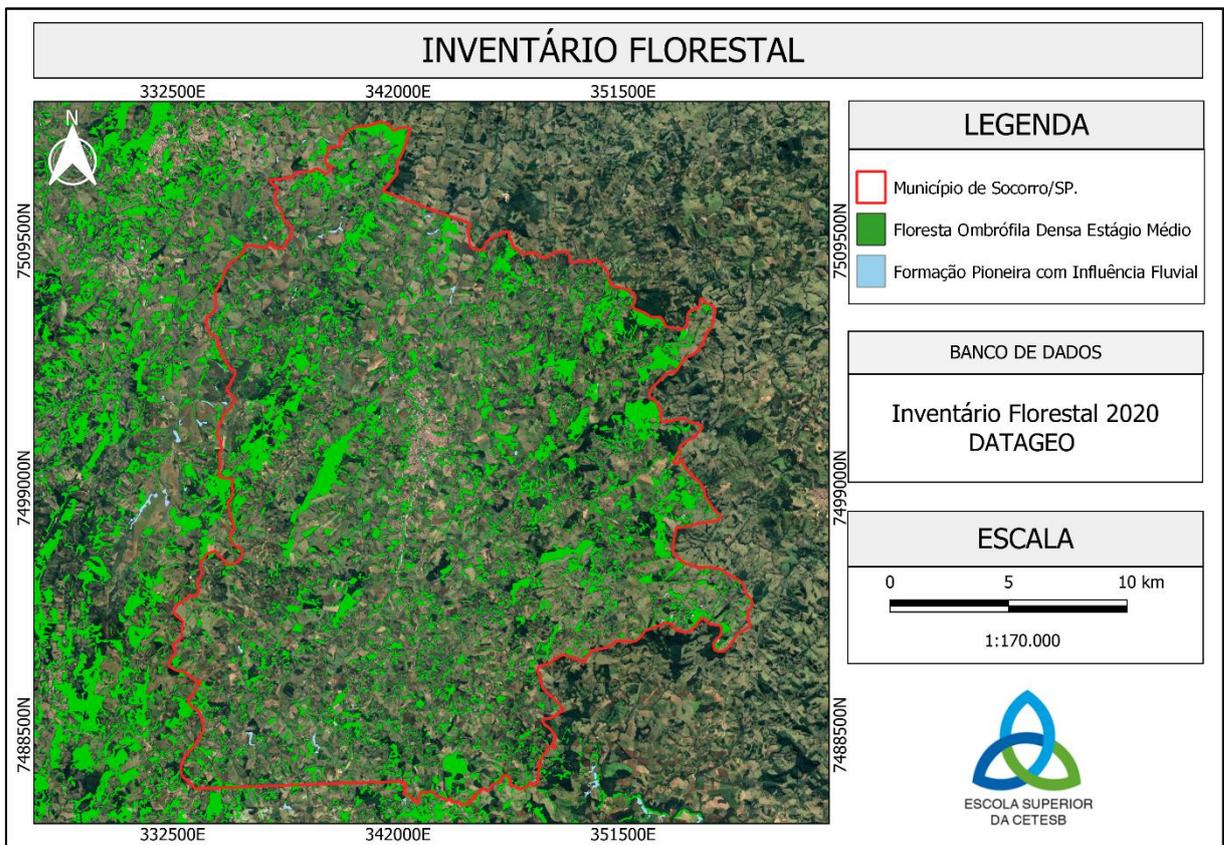


Fonte: Autoria própria.

De acordo com o Inventário Florestal de 2020, o município de Socorro está inserido no Domínio da Mata Atlântica e apresenta predominantemente manchas da fitofisionomia Floresta Ombrófila Densa estágio médio, além disso o território possui pequenos fragmentos das fitofisionomias de Formação Pioneira com Influência Fluvial, conforme a Figura 3.

Na área de preservação permanente do Rio do Peixe em seu trecho urbano, a vegetação nativa tem porte arbóreo de estágio médio de regeneração, com efeito de borda expressivo e em alguns trechos degrada, há a presença de espécies exóticas, tais como, leucena e bambu, há também trechos com “pomares” que devido a urbanização da região acabou fragmentando e fragilizando a formação florestal.

Figura 3 - Mapa demonstrativo do inventário florestal do DATAGEO para o município de Socorro/SP.



Fonte: Autoria própria.

Para fins de contextualização, deve-se ressaltar que muitas construções presentes nas margens do Rio do Peixe em sua área urbana, no que se considera como Área de Preservação Permanente nos dias de hoje, ou seja, os 50 metros para cada lado da margem nos termos do artigo 4º da LPVN, foram realizadas antes mesmo da criação da primeira legislação sobre o assunto, outras foram realizadas na vigência da Lei 4.771/1965 (BRASIL, 1965) antes da alterações dada pela Lei 7.511/1986 (BRASIL, 1986), ao que a CETESB entende pela regularização a partir do princípio da temporalidade de ocupação, enquanto algumas foram realizadas irregularmente.

Fato é que, atualmente, existem diversos conflitos, autos de infração ambiental lavrados pela Polícia Militar Ambiental e/ou CETESB, Inquéritos Cíveis e embargos da Prefeitura Municipal devido a obras que são consideradas irregulares, sendo que a maioria destes casos podem ser confirmadas através de consultas públicas junto ao SIGAMGEO público, consulta de infração online da CETESB e processos judiciais

digitais, por estarem na APP do Rio do Peixe e seus respectivos afluentes, situação que ocorre também em diversos municípios paulistas e brasileiros (MAPBIOMAS, 2022). A Figura 4 ilustra a mancha urbana de Socorro no entorno do Rio do Peixe em 1978 a partir de fotografia aérea, e, em 2021 a partir da imagem de satélite.

Figura 4 - (a) Imagem aérea de 1978 e (b) Imagem aérea atual de 2021.



Fonte: Base Aerofotogrametria e Google Earth.

Quando viável tecnicamente, os casos de conflitos de usos da terra em APP são resolvidos pontualmente pelo princípio da temporalidade, considerando que a ocupação das margens do Rio do Peixe é antiga conforme demonstra a Figura 4. Outros casos acabam entrando na discussão se a demolição irá causar mais dano do que a manutenção consoante ao disposto no artigo 19 do Decreto Federal 6514/08 (BRASIL, 2008), e alguns casos foram resolvidos pelo princípio da perda de função ambiental, inclusive no curto período de vigência da Deliberação CONSEMA 03 de 2018.

Diante deste cenário, a aplicação dos critérios da Deliberação CONSEMA 03/2018 se mostram muito subjetivos e dependentes da discricionariedade das áreas técnicas da

CETESB, resultando em análises passíveis de contestação e em alguma medida dotadas de fragilidade.

2.2 FOTOS EM CAMPO

Para fins de melhor representação do cenário local, está sendo apresentado da Figura 5 à Figura 9, fotografias aéreas do Rio do Peixe, evidenciando o uso e ocupação do solo em seu entorno, nota-se o nome das ruas nas próprias imagens e uma coordenada geográfica conhecida indicada pelo marcador amarelo e seu código na nota, para que seja possível entender a localização das imagens.

Figura 5 - Foto de drone do trecho montante sob estudo.



Fonte: Autoria própria.

Nota: Coordenada UTM do Marcador Amarelo 7.500.453 S / 343.730 E / 23k

Figura 6 - Foto de drone do trecho central sob estudo.



Fonte: Autoria própria.

Nota: Coordenada UTM do Marcador Amarelo 7.500.641 S / 342.928 E / 23K

Figura 7 - Foto de drone do trecho central sob estudo.



Fonte: Autoria própria.

Nota: Coordenada UTM do Marcador Amarelo 7.501.177 S / 342.807 E / 23k

Figura 8 - Foto de drone do trecho jusante sob estudo.



Fonte: Autoria própria.

Nota: Coordenada UTM do Marcador Amarelo 7.501.721 S / 343.207 E / 23k

Figura 9 - Foto de drone do trecho jusante sob estudo.



Fonte: Autoria própria.

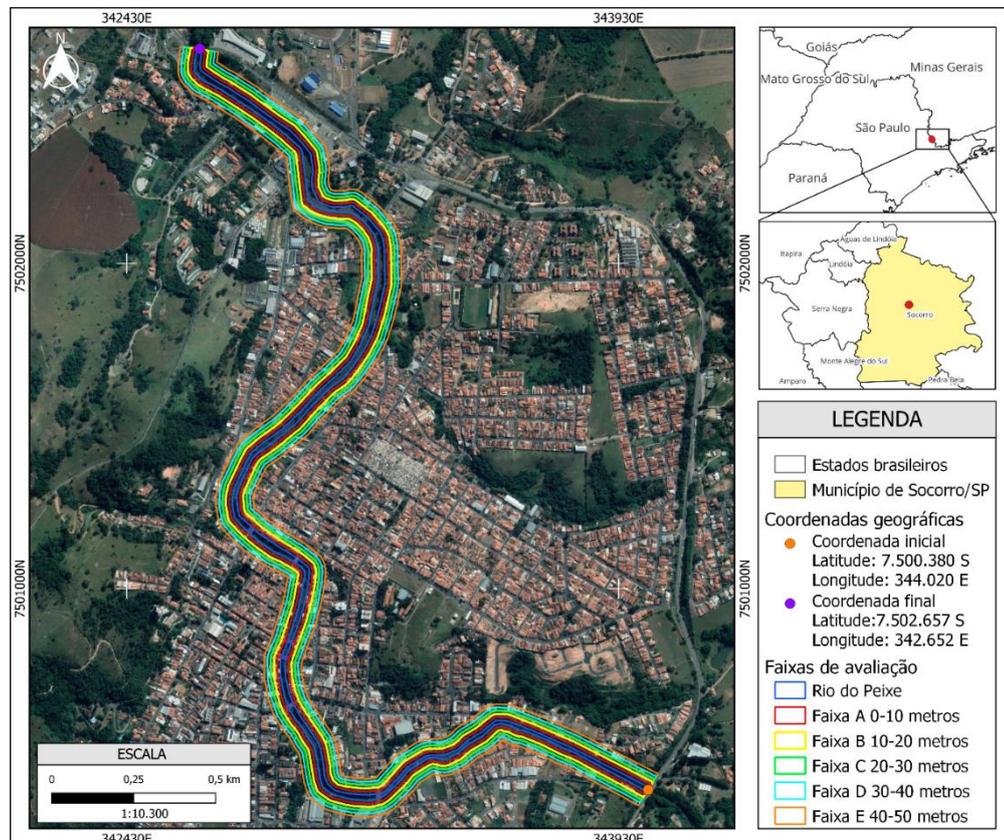
Nota: Coordenada UTM do Marcador Amarelo 7.502.410 S / 342.808 E / 23 K

2.3 BASE DE DADOS E ITINERÁRIO METODOLÓGICO

Para realização do presente estudo foram mapeados 4 km lineares da APP urbana consolidada de Socorro/SP, tomando como ponto inicial a coordenada UTM 344.020 / 7.500.380 / zona 23k e como ponto final a coordenada UTM 342.652 / 7.502.657 / zona 23 k, de seu principal curso hídrico, o Rio do Peixe, conforme pode ser observado na Figura 10.

Como a APP do curso hídrico em questão é de 50 metros, foram criadas 5 faixas de estudo para cada lado da margem (esquerda e direita), sendo nomeadas e separadas da seguinte forma: A (0 a 10 metros da margem), B (10 a 20 metros da margem), C (20 a 30 metros da margem), D (30 a 40 metros da margem), E (40 a 50 metros da margem), conforme pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Mapa da área de estudo.



Fonte: Autoria própria.

Foram usadas as bases de dados geográficas indicadas na Tabela 2, processadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o uso do *software* livre de geoprocessamento QGIS.

Tabela 2 – Base de dados geográficos utilizados no estudo.

Nome	Descrição	Escala / Resolução	Formato	Fonte
Uso e cobertura da terra	Imagem dos satélites Ikonos/GeoEye	1m a 4m	Raster, conexão WMS	Google Earth (2023)
Declividade	Modelo Digital de Elevação (MDE)	30m	Raster	TOPODATA (2008)
Inundação/Esco- rregamento	Áreas de susceptibilidade	-	Raster, conexão WMS	IPT (2023)

Fonte: Autoria própria.

As imagens de satélite foram obtidas da base do Google Earth a partir do plugin QuickMapServices no software QGIS, e foram vetorizadas manualmente, com a identificação e criação de polígonos representando os seguintes tipos de uso e cobertura da terra: áreas com vegetação arbórea (fragmentos, agrupamentos arbóreos e vegetação exótica); áreas construídas (construções, ruas, calçadas), solo exposto (terra) e gramíneas (vegetação pioneira, grama, capim).

Optou-se por utilizar as imagens disponibilizadas pelo Google Earth por serem de resolução espacial adequada para o presente estudo, e apresentarem acesso amplo e gratuito, o que pode viabilizar, no futuro, a replicação da metodologia para outras localidades.

Após a vetorização, calculamos o perímetro em metros e área em metros quadrados de cada polígono gerado, para cada classe de uso e ocupação da terra, para cada faixa de APP, separados por margem esquerda e margem direita. A partir da informação de perímetro e área, foi possível calcular o índice de circularidade (IC), que é um parâmetro bastante usual em pesquisas de avaliação de fragmentos florestais (ETTO et al., 2013), sendo que o IC se correlaciona a função ambiental de preservação da biodiversidade. Este relaciona a área e o perímetro do fragmento a

fim de identificar o grau de proximidade o formato do fragmento com o de uma circunferência, através da aplicação da Equação 1.

$$IC = \frac{(2 \cdot \sqrt{\mu \cdot A})}{L} \quad \text{Eq 1.}$$

em que: A = área do fragmento; L = perímetro do fragmento.

A circunferência é estabelecida como formato padrão teórico, que indica que fragmentos arredondados estão menos sujeitos a efeitos de borda, e, portanto, apresentam maior riqueza e diversidade de espécies (SANTANA et al., 2021). Deste modo, valores de IC mais próximos de 1 (um) indicam maior circularidade do fragmento, e valores mais próximos de 0 (zero) representam fragmentos de formato mais alongado, nos quais a relação centro: borda é maior, gerando conseqüentemente maior efeito de borda e maior vulnerabilidade ecológica. Partindo deste princípio, os resultados de IC podem ser categorizados em: valor abaixo de 0,65 representando fragmentos muito alongados e de pior qualidade ambiental; valores entre 0,65 e 0,85 fragmentos medianamente alongados; e valores superior a 0,85 fragmentos arredondados (SILVA et al, 2021). No presente estudo, o IC foi calculado para as manchas de agrupamentos arbóreos, bem como para as áreas de gramíneas que, em tese, são passíveis de arborização ou restauração ecológica no contexto da APP urbanizada.

Para realização da análise da declividade, que é um parâmetro diretamente ligado a função ambiental de estabilidade geológica, foi utilizado o raster do projeto TOPODATA, Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados em resolução de 30 metros (TOPODATA, 2008).

Para cada polígono de uso da terra, o declive foi calculado através da média dos pixels, com uso da ferramenta estatísticas zonais do QGIS. Ficou definido que para avaliação do declive, foi estabelecida a linha de corte de 17°, pois, esse valor representa 30% de declividade, sendo esse o limite recomendado para parcelamento

do solo conforme o Art. 3º da Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979).

A avaliação da inundação (parâmetro relacionado a função ambiental de bem-estar da população humana) e estabilidade geológica está diretamente interligada a declividade, nas áreas com baixa declividade pressupõem-se que são áreas mais susceptíveis a inundação, sendo que por outro lado as áreas com alta declividade são mais susceptíveis a deslizamentos.

Com a finalidade de comparar os dados obtidos e alcançar uma interpretação mais detalhada para estes parâmetros, foi consultado o Web Map Service (WMS) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2023), e a análise foi efetuada através da sobreposição das camadas *shapefile* do município de Socorro e a renderização dos polígonos de uso e ocupação do solo, sendo que foi possível identificar os polígonos de uso e cobertura da terra definidos que estão ou não inseridos em áreas susceptíveis a inundações/escorregamentos.

Visando realizar uma análise geral da situação da APP do Rio Peixe em sua área urbana consolidada, os indicadores gerados, quais sejam: (i) uso e cobertura da terra; (ii) área dos polígonos; (iii) índice de circularidade; (iv) declividade média; (v) susceptibilidade a inundação/escorregamento, foram normalizados em uma matriz única, a partir do estabelecimento de notas para cada valor de indicador, conforme representado na Tabela 3.

Quanto maior a nota, significa que mais função ambiental o indicador representa na APP, por outro lado, quanto menor a nota, menor a função ambiental o indicador representa na APP.

Para as classes de uso e ocupação da terra, as áreas de vegetação arbórea receberam nota 3, já que desempenham melhor as funções de permeabilidade, conservação da biodiversidade e proteção dos recursos hídricos. As áreas de gramíneas receberam nota 2, pois apresentam vinculação com função de permeabilidade do solo e são, em tese, áreas passíveis de arborização ou mesmo restauração ecológica. As áreas construídas e/ou com solo exposto receberam nota

1, por representarem trechos antropizados da APP onde as funções ambientais estão prejudicadas.

Quanto a área das classes de uso e ocupação da terra, as áreas construídas e/ou com solo exposto de 0 a 100 m² receberam nota 5, de 100 a 500 m² nota 4, de 500 a 1.000 m² nota 3, de 1.000 a 5.000 m² nota 2 e acima de 5.000 m² nota 1, sendo que estes parâmetros foram construídos considerando que áreas edificadas maiores em APP contribuem mais para a perda de função ambiental da paisagem, e áreas edificadas menores podem, ao menos em tese, ser mais facilmente removidas. Para os polígonos de gramíneas e vegetação arbórea, foram atribuídas as seguintes notas associadas ao tamanho do polígono: de 0 à 100 m² receberam nota 1, de 100 à 500 m² nota 2, de 500 à 1.000 m² nota 3, de 1.000 à 5.000 m² nota 4 e acima de 5.000 m² nota 5. Aqui, o parâmetro indica que áreas maiores arborizadas/com fragmentos ou com gramíneas apresentam melhor desempenho de função ambiental do que áreas pequenas e isoladas, correlacionados ao parâmetro de fluxo gênico de fauna e flora.

Com relação ao índice de circularidade, calculamos o IC somente para os polígonos com vegetação arbórea ou gramíneas, e os resultados obtidos menores ou iguais a 0,65 receberam nota 1, de 0,65 à 0,85 nota 2 e maiores ou iguais a 0,85 nota 3, consoante ao indicado por Silva et al (2021). Os indicadores de área e IC, associados à cobertura e uso da terra, buscam deste modo representar de forma objetiva o desempenho ou não das funções das APPs associadas a conservação da biodiversidade, fluxo gênico de flora/fauna e preservação das paisagens e recursos hídricos.

Para a declividade média, os parâmetros definidos foram: para as áreas construídas e/ou com solo exposto de até 17° de inclinação receberam nota 1 e as áreas com mais de 17° de inclinação receberam nota 0, sendo que tal parâmetro busca indicar que áreas edificadas ou de solo exposto em locais de elevado declive (superior a 17° ou 30%) estão mais susceptíveis a eventos de escorregamento, ao passo que edificações em áreas de declive menos acentuado estão mais adequadas, em que pese o fato de estarem em local especial protegido pelo instrumento da APP. Para as áreas de gramíneas e/ou com vegetação arbórea de até 17° de inclinação receberam nota 2 e as áreas com mais de 17° de inclinação receberam nota 3, já que

consideramos que áreas arborizadas ou com condições de arborização em locais de declive mais acentuado representam melhor desempenho de funções ambientais em APP do que as áreas arborizadas/em condição de recebem arborização em declive menos acentuado. Entende-se que a identificação da declividade média, associada ao uso e cobertura da terra, possibilita inferências quanto ao adequado desempenho das funções de estabilidade geológica e proteção do solo da APP.

Com relação a susceptibilidade a inundação/escorregamento, o indicador é relacionado a presença ou ausência deste fator de risco, sendo que as áreas inundáveis com ocupações antrópicas existente ou potencial (edificações/solo exposto) não pontuaram, e as ocupações antrópicas em área não inundável receberam nota 1. Já os usos mais afins à manutenção de funções ambientais (vegetação arbórea/gramíneas) em área inundável receberam nota 2, e em área não inundável receberam nota 3. Este indicador, associado à tipologia de uso e cobertura da terra, está relacionado com a função ambiental de assegurar bem-estar das populações que estão próximas a área especialmente protegida. O resumo dos critérios para atribuição de notas pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Critério de notas atribuídas.

	Class e	IC		Declivi.		Inundação		Área (m ²)					
		≤ 0,6 5	0,65 - 0,85	≥ 0,8 5	< 17 0	> 17 0	Inundáve l	Não inundáve l	0 à 10 0	10 à 50 0	50 à 100 0	100 à 500 0	≥ 5.00 0
Vegetação arbórea	3	1	2	3	2	3	2	3	1	2	3	4	5
Gramíneas	2	1	2	3	2	3	2	3	1	2	3	4	5
Área construída	1	-	-	-	1	-	-	1	5	4	3	2	1
Solo exposto	1	-	-	-	1	-	-	1	5	4	3	2	1

Fonte: Autoria própria.

Após a aplicação das notas associadas a cada indicador, considerando os parâmetros adotados, seria possível obter nota mínima de 3 e máxima de 17, porém, realizando o somatório dos valores, foram obtidas notas que variam de 3 à 14, sendo que foram criadas 3 faixas de resultados: notas 3 a 6 representam funções ambientais prejudicadas; notas 7 a 10 representam funções ambientais medianamente

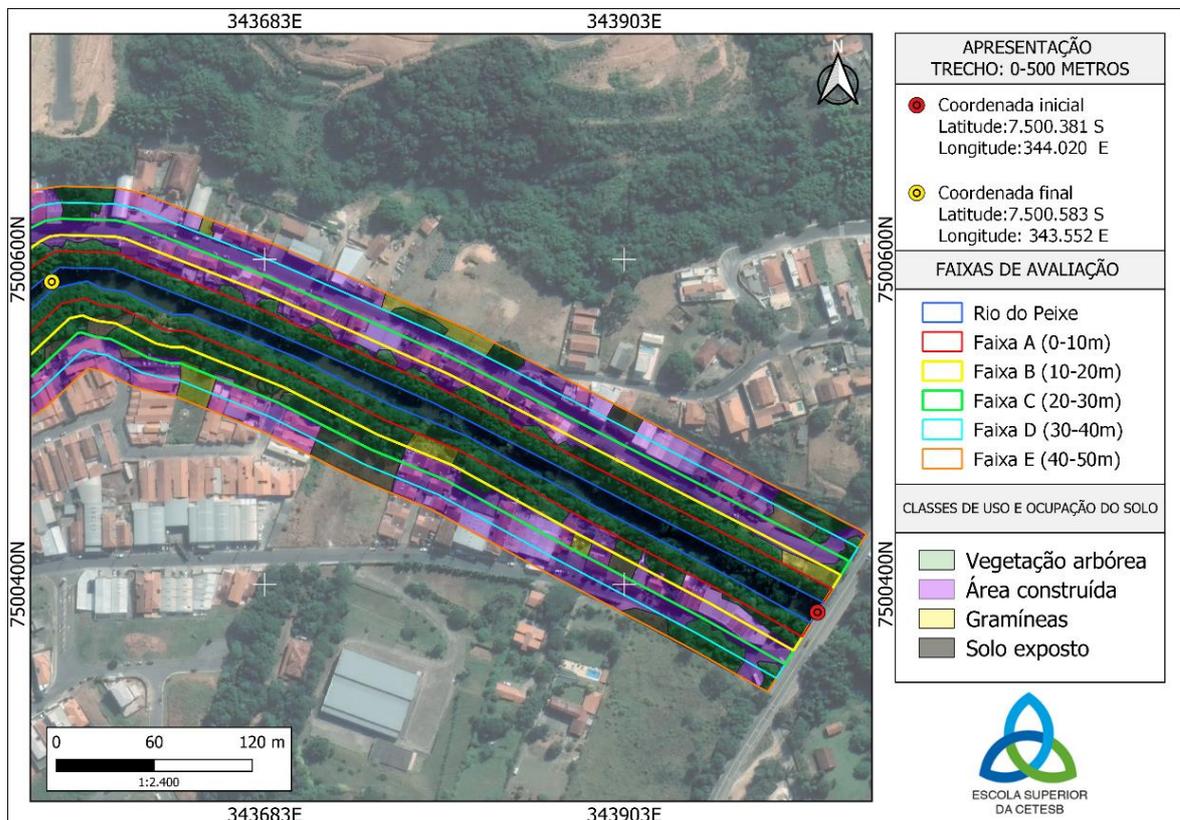
prejudicadas; notas 11 a 14 representam funções ambientais não prejudicadas. Após as análises e atribuição de notas, a tabela de atributos associada aos polígonos gerados foram exportadas para o software Excel, para fins de análises estatísticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 USO E COBERTURA DA TERRA

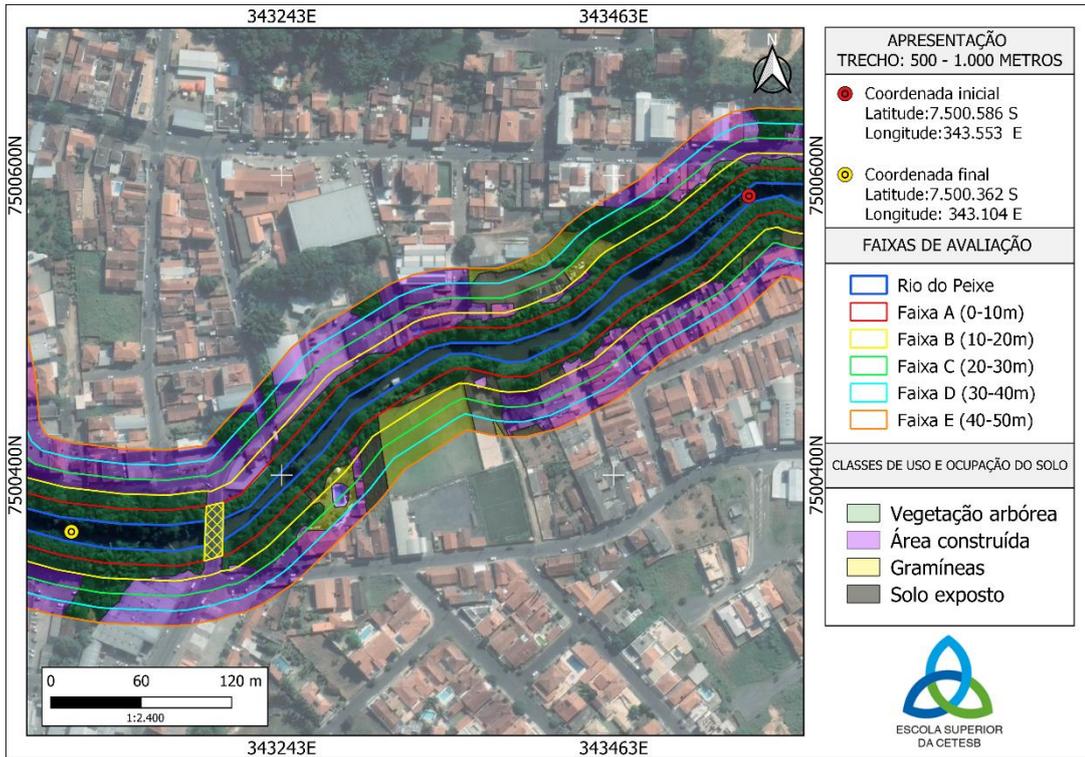
Como se trata de uma extensão de 4 km lineares a área de estudo, devido a questões de escala e legibilidade, os mapas serão apresentados em faixas de 500 metros, conforme suas respectivas legendas, da Figura 11 à Figura 18.

Figura 11 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 0 à 500 metros.



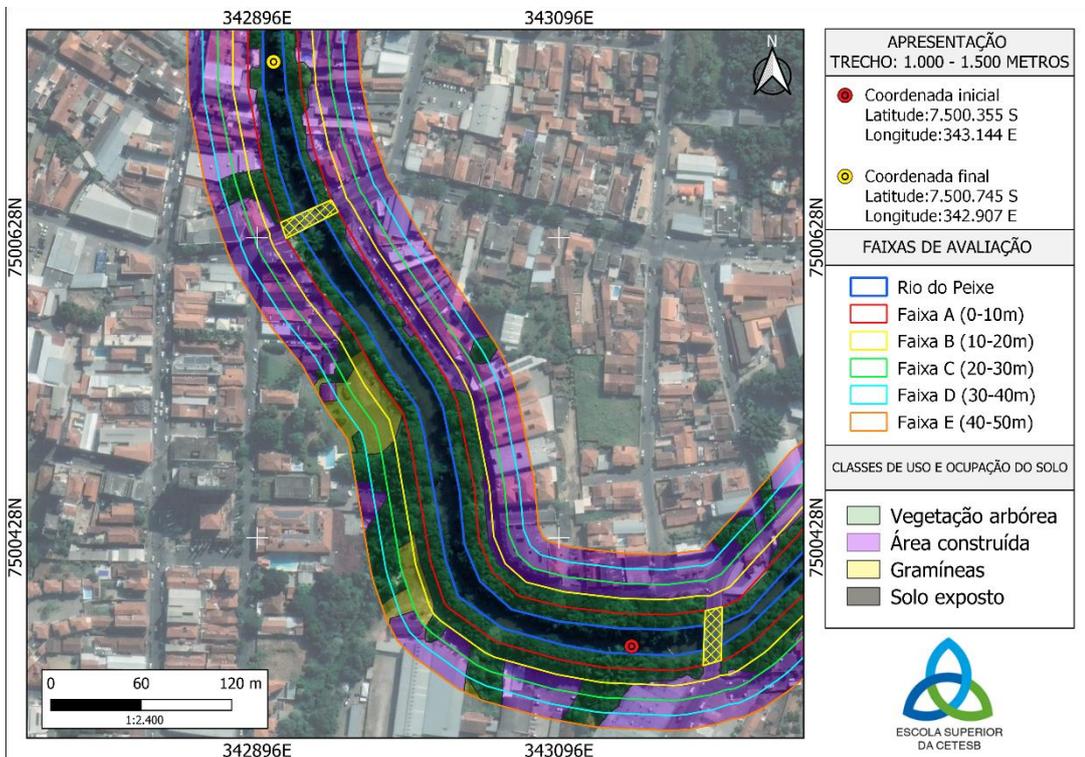
Fonte: Autoria própria.

Figura 12 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 500 à 1000 metros.



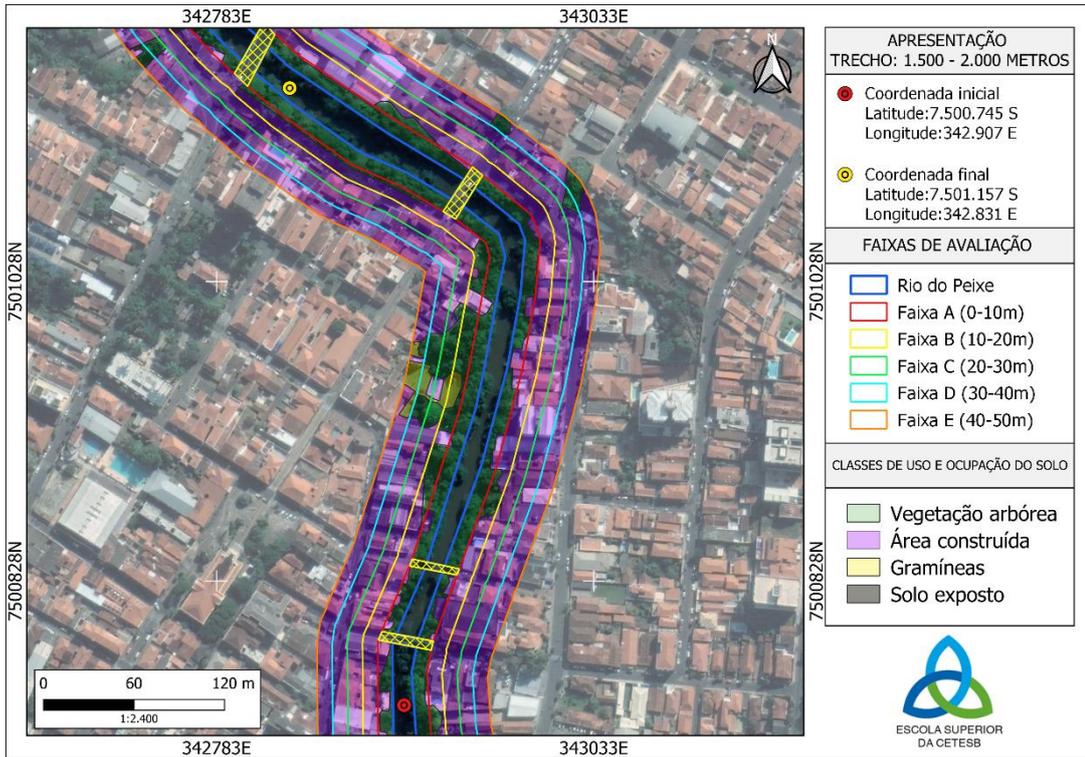
Fonte: Autoria própria.

Figura 13 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 1000 à 1500 metros.



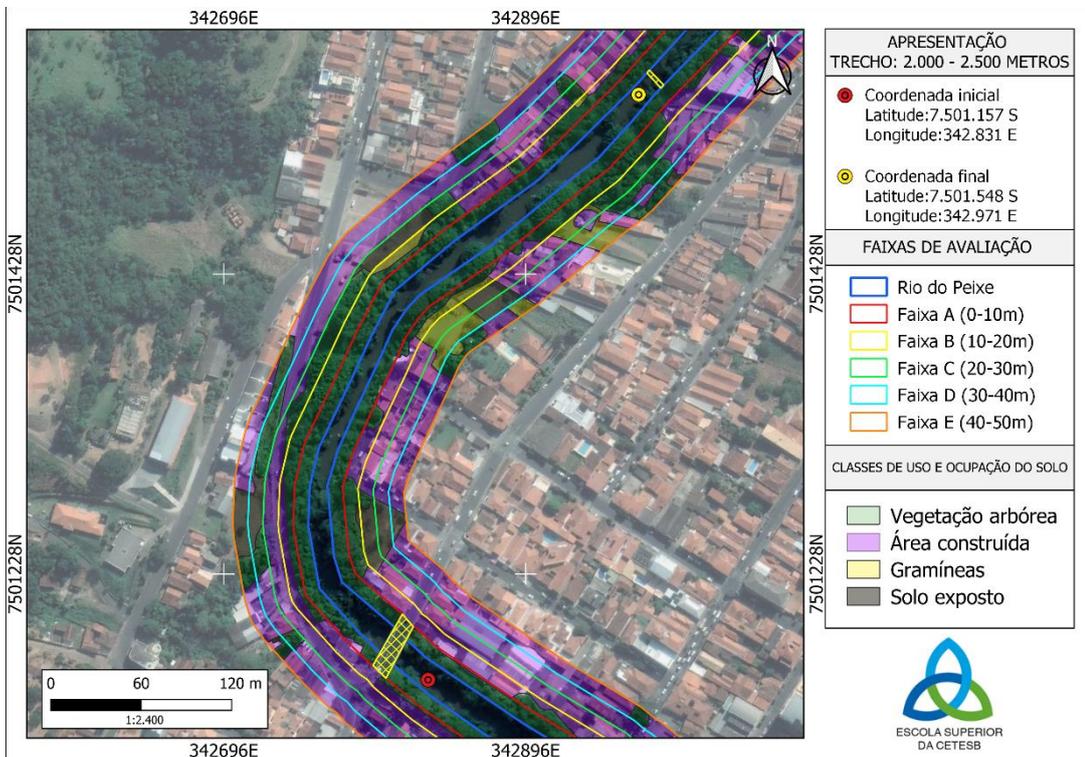
Fonte: Autoria própria.

Figura 14 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 1500 à 2000 metros.



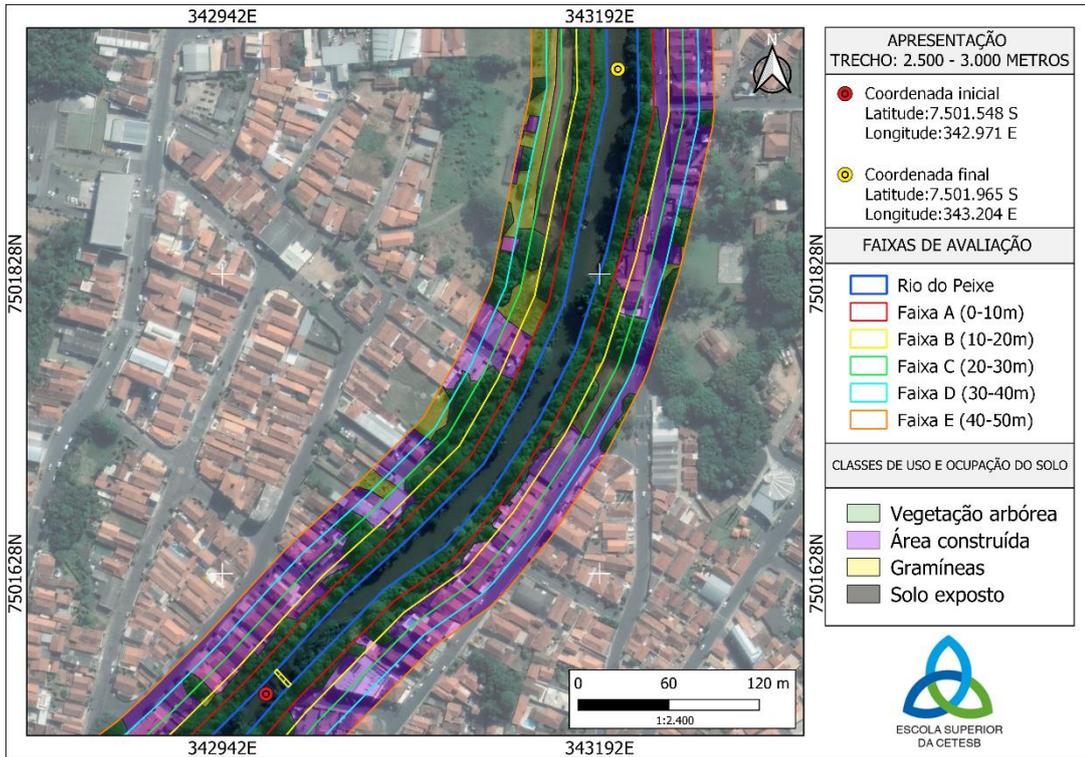
Fonte: Autoria própria.

Figura 15 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 2000 à 2500 metros.



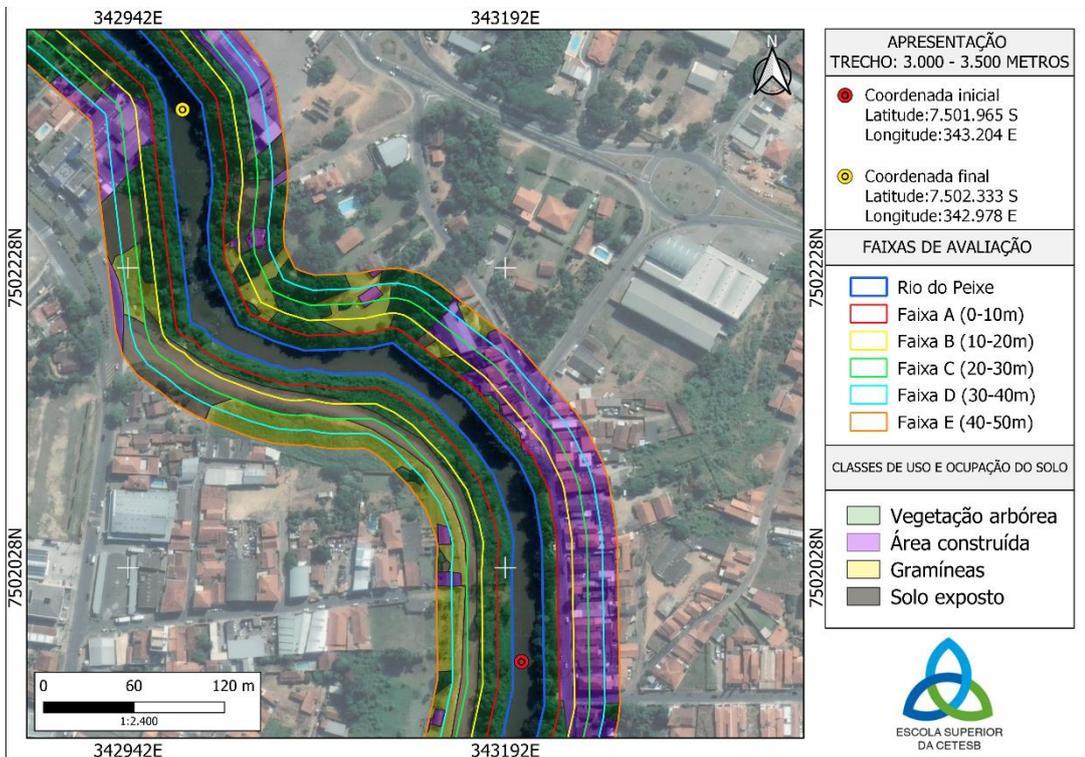
Fonte: Autoria própria.

Figura 16 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 2500 à 3000 metros.



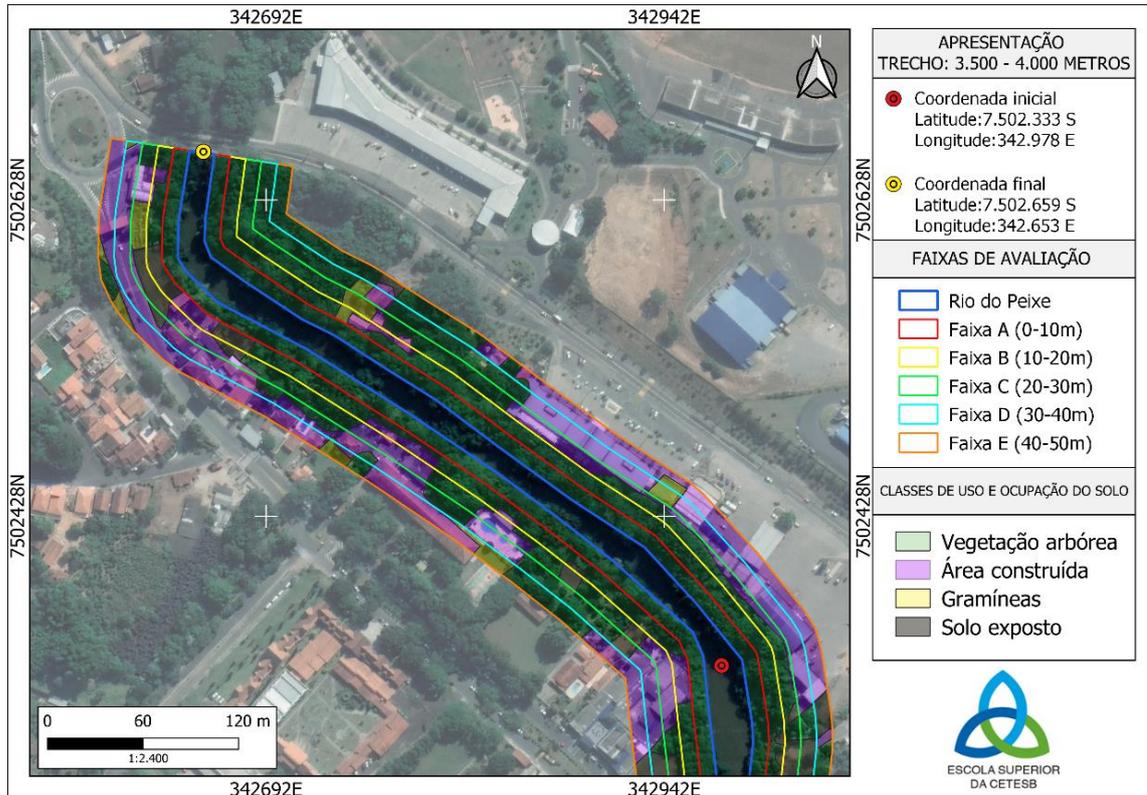
Fonte: Autoria própria.

Figura 17 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 3000 à 3500 metros.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Mapa de uso e ocupação da terra do trecho de 3500 à 4000 metros.



Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 4, são apresentados os dados obtidos em metragem quadrada (m²) para cada classe de uso e ocupação da terra em suas linhas, bem como por faixa de estudo em suas colunas, para a APP da margem esquerda. Os mesmos dados são apresentados em porcentagem na Tabela 5.

Tabela 4 - m² de cada classe e faixa da margem esquerda.

M ²	A	B	C	D	E	SOMA
Vegetação arbórea	39.000	25.912	11.193	6.086	4.740	86.930
Área construída	705	10.149	19.509	24.867	26.790	82.020
Solo exposto	0	2.138	6.595	3.784	2.958	15.475
Gramíneas	0	2.057	3.312	5.799	6.108	17.275

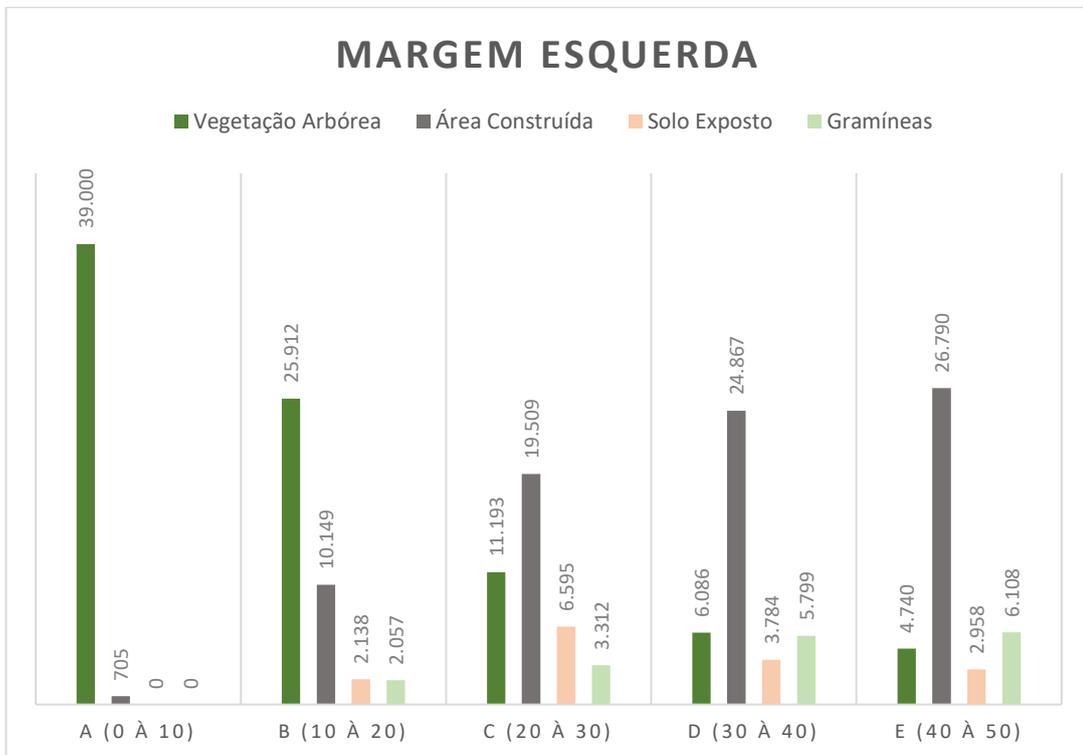
Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - porcentagem (%) de cada classe e faixa da margem esquerda.

%	A	B	C	D	E	SOMA
Vegetação arbórea	19,34	12,85	5,55	3,02	2,35	43,10
Área construída	0,35	5,03	9,67	12,33	13,28	40,66
Solo exposto	0,00	1,06	3,27	1,88	1,47	7,67
Gramíneas	0,00	1,02	1,64	2,88	3,03	8,56

Fonte: Autoria própria.

Para fins de melhor visualização dos resultados obtidos, apresento na Figura 19, o gráfico de barras, que contém os dados obtidos para a margem esquerda.

Figura 19 - Gráfico da compilação dos dados da margem esquerda.

Fonte: Autoria própria.

De modo geral, a maior parte da APP da margem é ocupada por áreas antrópicas, desigualmente distribuídas pelas faixas de segmentação. Nota-se que a faixa A, mais próxima do corpo hídrico, é quase que totalmente ocupada por vegetação arbórea, sendo que na faixa B a vegetação arbórea ainda é predominante, porém, começa-se a notar a presença do uso e ocupação de áreas construídas, solo exposto e gramíneas. Da faixa C em diante as áreas construídas passam a prevalecer e a

vegetação arbórea vai decaindo gradativamente, quanto mais periférica for a faixa em relação ao corpo hídrico.

Na Tabela 6, estão sendo apresentados os dados obtidos em metragem quadrada (m²) para cada classe de uso e ocupação da terra em suas linhas, bem como por faixa de estudo em suas colunas, em relação a APP da margem direita. Os mesmos dados são apresentados em porcentagem na Tabela 7.

Tabela 6 - m² de cada classe e faixa da margem direita.

	A	B	C	D	E	SOMA
Vegetação arbórea	38.166	20.080	6.418	5.586	7.141	77.390
Área construída	1.186	17.539	29.316	30.330	28.801	107.171
Solo exposto	0	315	2.094	2.436	1.031	5.877
Gramíneas	0	1.726	1.740	1.310	2.323	7.099

Fonte: Autoria própria.

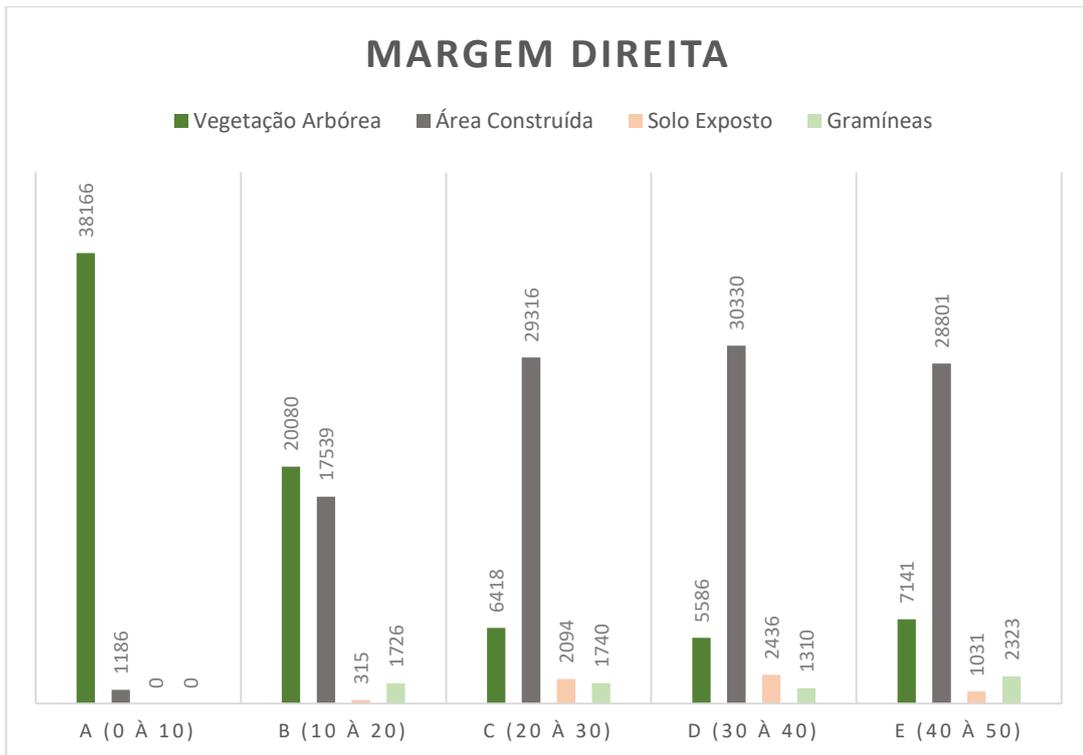
Tabela 7 - porcentagem (%) de cada classe e faixa da margem direita.

	A	B	C	D	E	SOMA
Vegetação arbórea	19,32	10,16	3,25	2,83	3,62	39,18
Área construída	0,60	8,88	14,84	15,35	14,58	54,25
Solo exposto	0,00	0,16	1,06	1,23	0,52	2,98
Gramíneas	0,00	0,87	0,88	0,66	1,18	3,59

Fonte: Autoria própria.

Para fins de melhor visualização dos resultados obtidos, apresento na Figura 20, o gráfico de barras, que contém os dados obtidos para a margem direita.

Figura 20 - Gráfico da compilação dos dados da margem direita.



Fonte: Autoria própria.

Nota-se que a faixa A é quase que totalmente ocupada por vegetação arbórea, sendo que na faixa B começa-se a notar a presença do uso e ocupação de áreas construídas, solo exposto e gramíneas. Da faixa C em diante as áreas construídas passam a prevalecer e a vegetação arbórea vai decaindo gradativamente, quanto mais periférica for a faixa em relação ao corpo hídrico. Deste modo, em ambas as margens observa-se um padrão semelhante de maior cobertura arbórea na faixa mais próxima ao corpo hídrico, sendo que quanto mais periférica é a faixa de APP em relação ao corpo hídrico, maior é a presença de edificações e usos antrópicos.

Considerando a totalidade da APP estudada em ambas as margens, da área total da paisagem de 399.237 m², temos 164.320 m² com vegetação arbórea (41,15%), que está desigualmente distribuída, com maior presença na margem esquerda do que na margem direita, e com maior incidência nas faixas A e B da APP. As áreas ocupadas por gramíneas somam 24.374 m² (6,10% da APP), dos quais 17.275 m² estão na APP da margem esquerda, indicando que a margem esquerda é, em geral, menos edificada do que a margem direita.

Ao contrário da vegetação arbórea, as áreas com gramíneas ocorrem de forma mais relevante nas faixas periféricas D e E. A arborização ou restauração hipotética destas áreas ocupadas por gramíneas elevaria a metragem de cobertura arbórea da APP para 188.694 m², ou 47,26% da APP. Assim, mesmo na hipótese de recuperação/restauração destas áreas ainda não edificadas, a APP continuaria com menos de 50% de cobertura arbórea/florestal.

3.2 ÁREA DAS MANCHAS DE VEGETAÇÃO ARBÓREA E DE GRAMÍNEAS

A vegetação arbórea da margem esquerda, que soma 86.930 m², é composta por 106 fragmentos, com áreas variáveis de 25 m² a 19.684 m². A Tabela 8 apresenta o número de manchas de vegetação arbórea e área de manchas por classe de área.

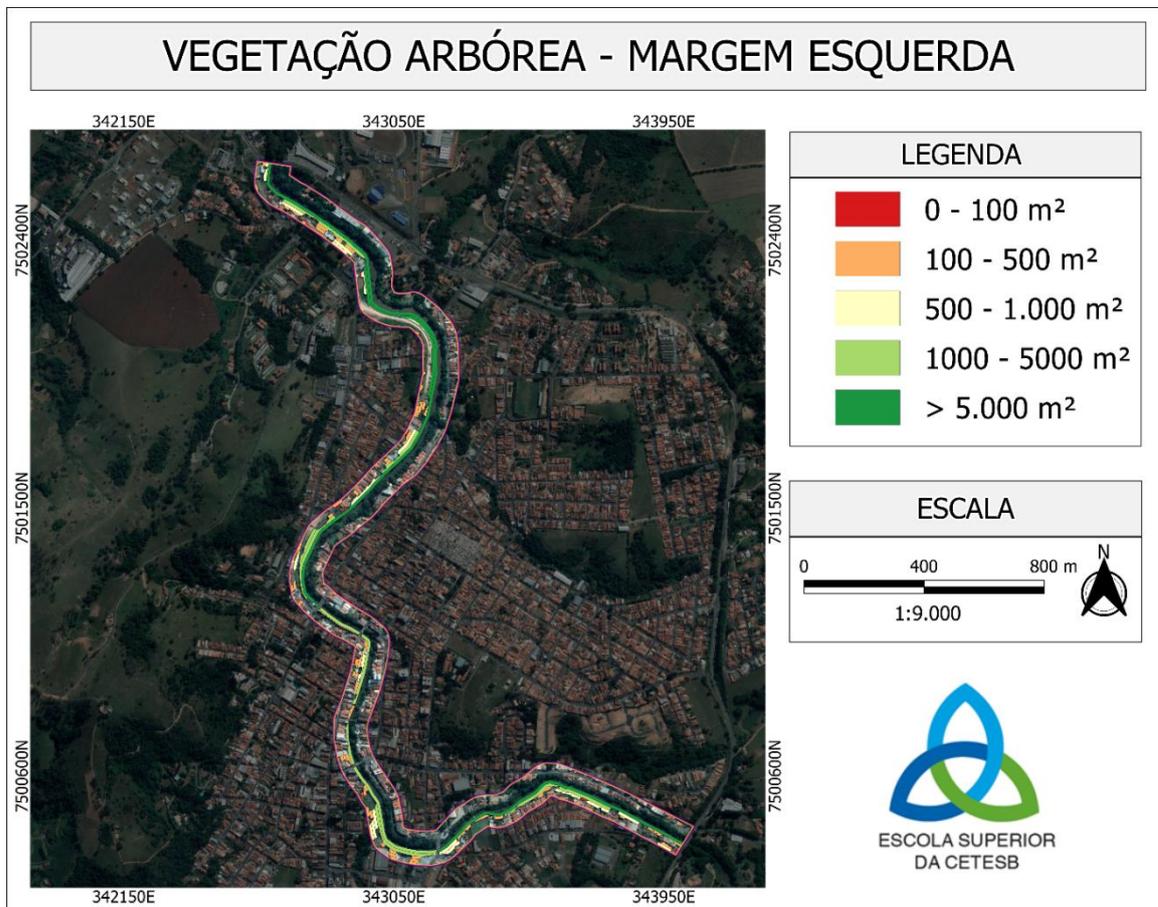
Tabela 8 - Análise estatística de vegetação arbórea da margem esquerda.

Classe área da mancha	Nº de manchas	% de manchas	Área fragmento	% fragmento
0 a 100 m ²	14	13,20	919,65	1,05
100 m ² a 500 m ²	59	55,66	14.602,55	16,79
500 m ² a 1.000 m ²	19	17,92	13.093,69	15,06
1.000 m ² a 5.000 m ²	11	10,37	23.975,87	27,57
Acima de 5.000 m ²	3	2,83	34.338,28	39,50

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a maior parte das manchas, 77 de um total de 106, apresentam área de até 500 m², o que indica o predomínio de manchas pequenas na APP da margem esquerda, denotando uma paisagem fragmentada. De outro lado, 67,07% da cobertura arbórea da APP está concentrada em 14 manchas de mais do que 1.000 m², concentradas nas faixas A e B da APP como pode ser observada na Figura 21, e que podem ser consideradas prioritárias para conservação, objetivando manter alguma função ambiental na APP do Rio do Peixe.

Figura 21 - Segmentação da vegetação arbórea por tamanho de área na margem esquerda.



Fonte: Autoria própria.

A vegetação arbórea da margem direita, que soma 77.390 m², é composta por 88 fragmentos, com áreas variáveis de 26 m² a 19.446 m². A Tabela 9 apresenta o número de manchas de vegetação arbórea e área de manchas por classe de área.

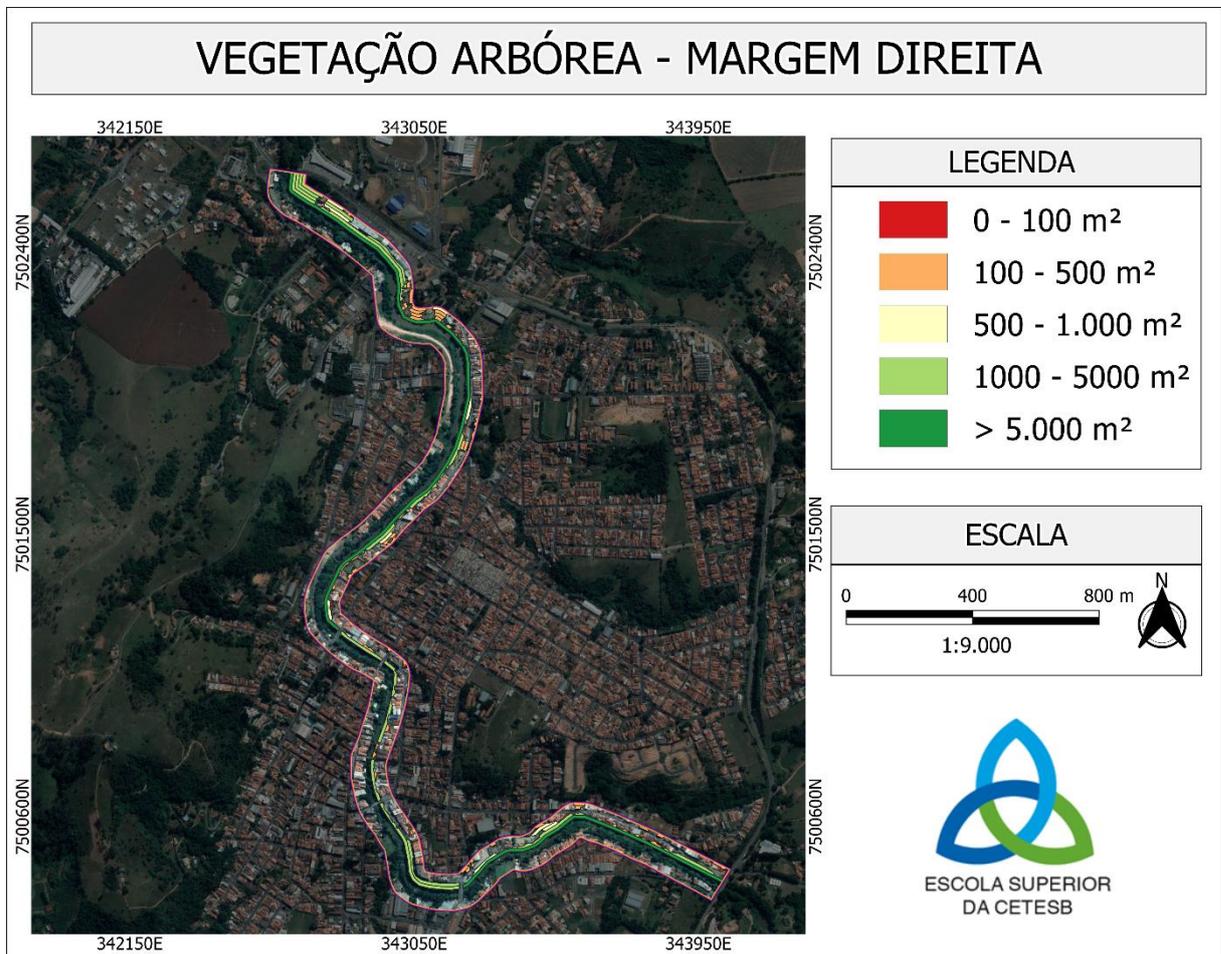
Tabela 9 - Análise estatística de vegetação arbórea da margem direita.

Classe área da mancha	Nº de manchas	% de manchas	Área fragmento	% fragmento
0 a 100 m ²	12	13,64	822,29	1,06
100 m ² a 500 m ²	49	55,68	11.995,63	15,50
500 m ² a 1.000 m ²	9	10,23	5.833,11	7,54
1.000 m ² a 5.000 m ²	16	18,18	29.817,07	38,53
Acima de 5.000 m ²	2	2,27	28.922,23	37,37

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que a maior parte das manchas, 61 de um total de 88, apresentam área de até 500 m², o que indica o predomínio de manchas pequenas na APP da margem direita, denotando uma paisagem fragmentada. De outro lado, 75,90 % da cobertura arbórea da APP está concentrada em 18 manchas de mais do que 1.000 m², concentradas nas faixas A e B da APP como pode-se observar na Figura 22, e que podem ser consideradas prioritárias para conservação, objetivando manter alguma função ambiental na APP do Rio do Peixe.

Figura 22 - Segmentação da vegetação arbórea por tamanho de área na margem direita.



Fonte: Autoria própria.

Deste modo, para ambas as margens, pode-se considerar que os fragmentos arbóreos entre 100 e 500m² predominam, o que denota uma paisagem bastante marcada pela fragmentação, como aliás ocorre em paisagens urbanas do interior

paulista de um modo geral (GAVIOLI et al., 2022; RIBEIRO et al., 2020; SILVA et al., 2019).

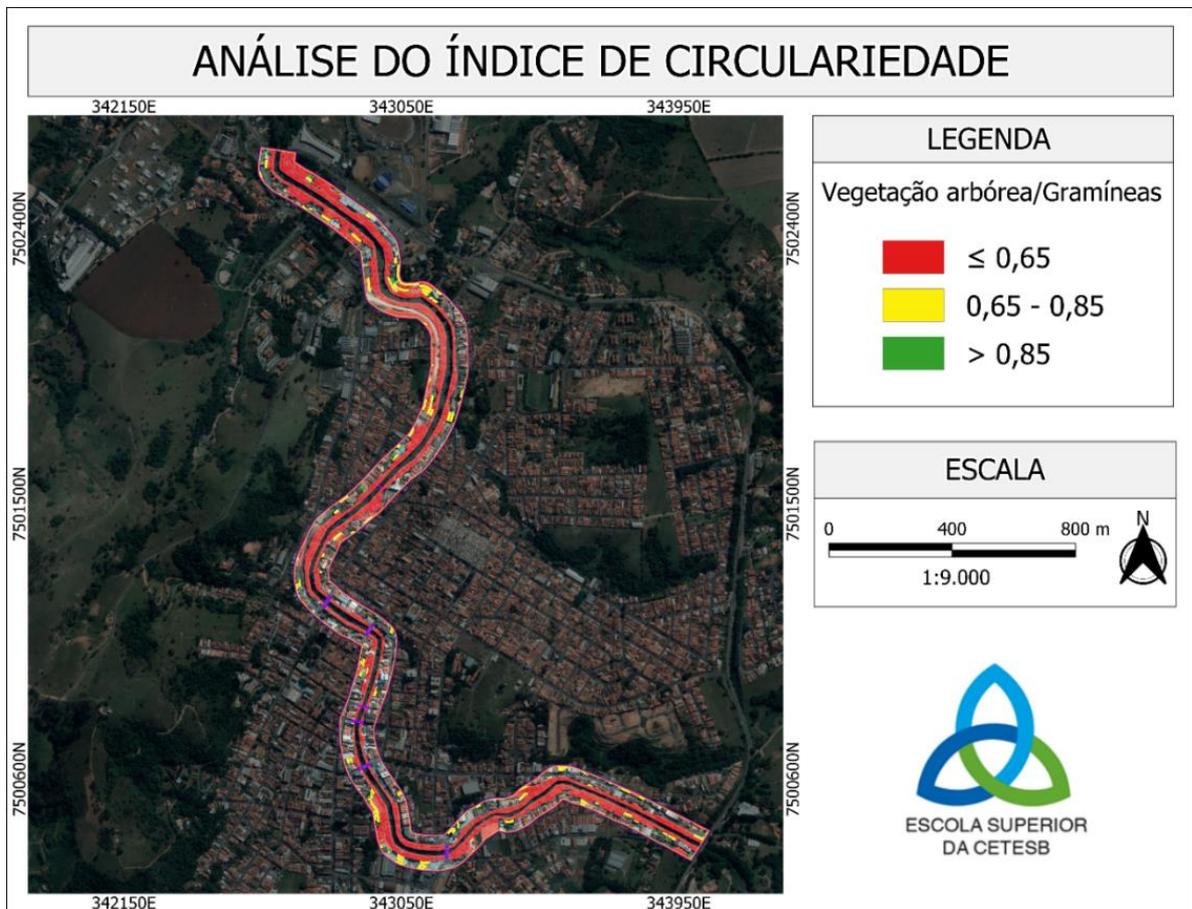
3.3 ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

O índice de circularidade foi avaliado em todos os polígonos de vegetação arbórea ou gramíneas, separados em 3 classes, conforme os resultados que podem ser observado na Tabela 10 e Figura 23.

Das 272 manchas avaliados, somente 24 manchas (9,19 %), que somam 2.582,96 m² apresentam um bom IC (acima de 0,85), ao passo que 146 manchas (53,68 %) apresentam um médio IC, somando 32.655,11 m², por fim 101 manchas (37,13 %) representam um baixo IC com 153.340,00 m².

De um modo geral, pode-se observar que as manchas são mais alongadas, apresentando baixo IC, pois, acompanham a margem do corpo hídrico, estando mais vulneráveis para conservação da biodiversidade da flora e fauna. As manchas com baixo IC são exatamente as maiores, localizadas nas faixas A e B mais próximas dos corpos hídricos, indicando que as áreas de agrupamentos arbóreos mais relevantes para a paisagem de estudo são as mais susceptíveis ao efeito de borda em função da elevada relação perímetro/área que condiciona uma nota baixa de IC.

Figura 23 - Apresentação do índice de circularidade dos fragmentos arbóreos e gramíneas da APP.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 10 - Dados analisados no índice de circularidade.

Classe	ÍNDICE DE CIRCULARIDADE								
	≤ 0,65			0,65 – 0,85			> 0,85		
	Nº manchas	% de manchas	Área (m ²)	Nº manchas	%	Área (m ²)	Nº manchas	%	Área (m ²)
Agrupamento arbóreo/gramíneas	101	37,13	153.340,00	146	53,68	32.655,11	25	9,19	2.582,96

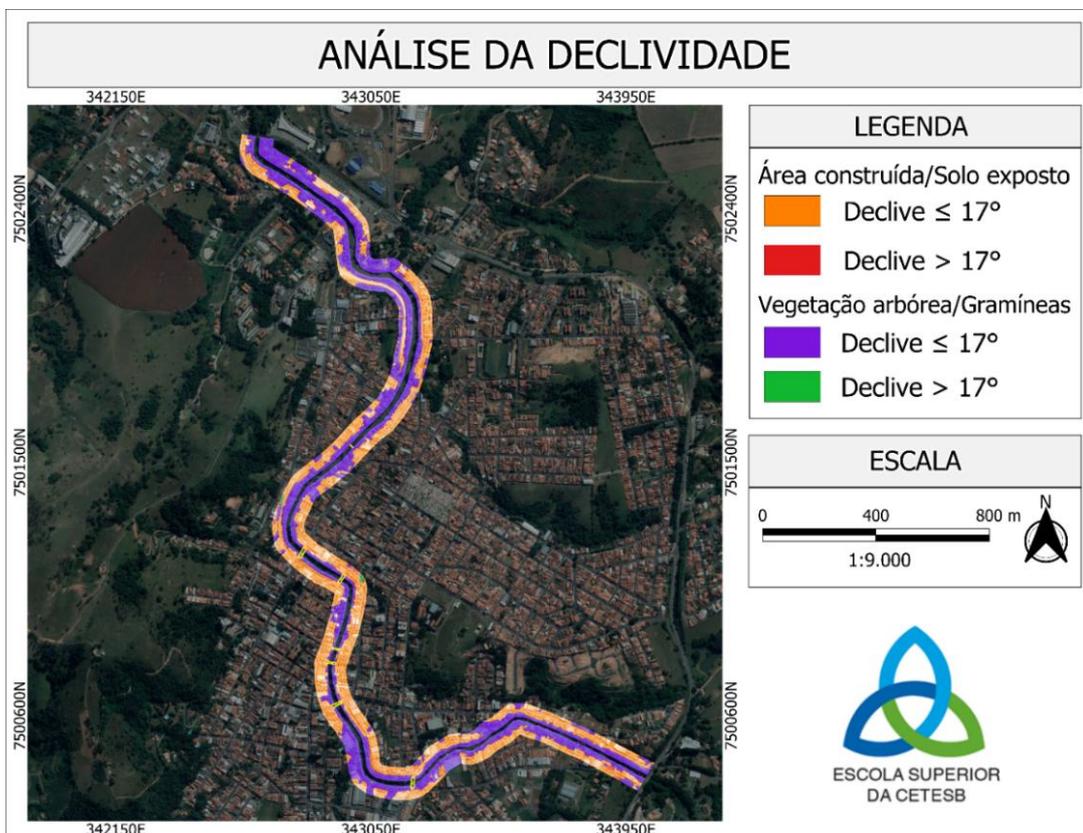
Fonte: Autoria própria.

3.4 DECLIVIDADE

Dos 569 polígonos analisados, somente 12 apresentam declividade acima de 17°, sendo que para fins de visualização, está sendo representado na Figura 24 e na Tabela 11, o resultado obtido por classe de uso e ocupação do solo.

Diante deste cenário, pode-se observar o predomínio de uma declividade menos acentuada na paisagem objeto do estudo, sendo este um fator que provavelmente fez com que a população busca-se se instalar nessa região no passado, devido a “facilidade” de construir em um terreno mais plano. A condição de predomínio de declives pouco acentuados também sugere que o indicador, para o caso em tela, é menos relevante na identificação do desempenho das funções ambientais das APPs.

Figura 24 - Apresentação da análise de declividade.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 11 - Dados analisados da declividade.

Classe	Declive abaixo 17°			Declive acima 17°		
	Nº manchas	% de manchas	Área (m ²)	Nº manchas	% de manchas	Área (m ²)
Área construída/solo exposto	278	48,86	208.618,50	9	1,58	1.924,88
Agrupamento arbóreo/gramíneas	279	49,03	188.129,10	3	0,53	565,82

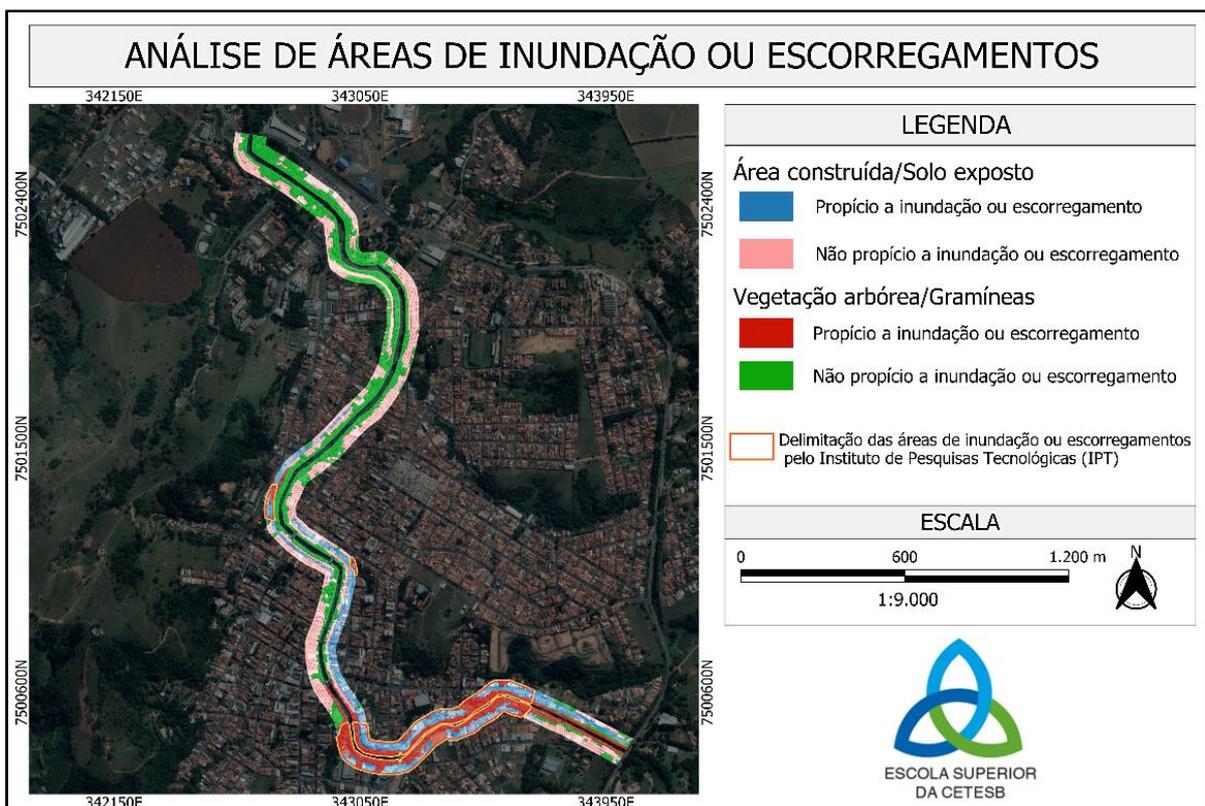
Fonte: Autoria própria.

3.5 INUNDAÇÃO E ESTABILIDADE GEOLÓGICA

Os resultados quanto a incidência das áreas em locais susceptíveis a inundação ou escorregamento estão representados no mapa da Figura 25 e Tabela 12.

Nota-se ao sul da região de estudo a presença de área susceptível a inundação, bem como ao centro as áreas de relevante interesse de estabilidade geológica, sendo que em ambas situações há o uso e ocupação do solo das diferentes classes do presente estudo. Destaca-se que existem 85 mil m² de áreas construídas ou com solo exposto susceptíveis a inundação na área de estudo.

Figura 25 - Apresentação das áreas susceptíveis a inundação e estabilidade geológica na APP do Rio do Peixe.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 12 - Análise da incidência de inundação.

Classe	Propício a inundação ou escorregamento			Não propício a inundável ou escorregamento		
	Nº Manchas	%	Área (m ²)	Nº Manchas	%	Área (m ²)
Área construída /solo exposto	77	13,53	85.787,72	210	36,91	124.755,58
Agrupamento arbóreo/gramíneas	67	11,78	57.341,04	215	37,79	131.354,02

Fonte: Autoria própria.

3.6NOTA FINAL

Com base nos indicadores estudados e normalizados, efetuamos o somatório das notas, de modo a avaliar a condição de desempenho das funções ambientais no trecho da APP do Rio do Peixe estudada. As faixas estão representadas nos mapas da Figura 26 à Figura 30.

Os resultados obtidos da nota final de desempenho da função ambiental para cada faixa de APP são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Desempenho da função ambiental.

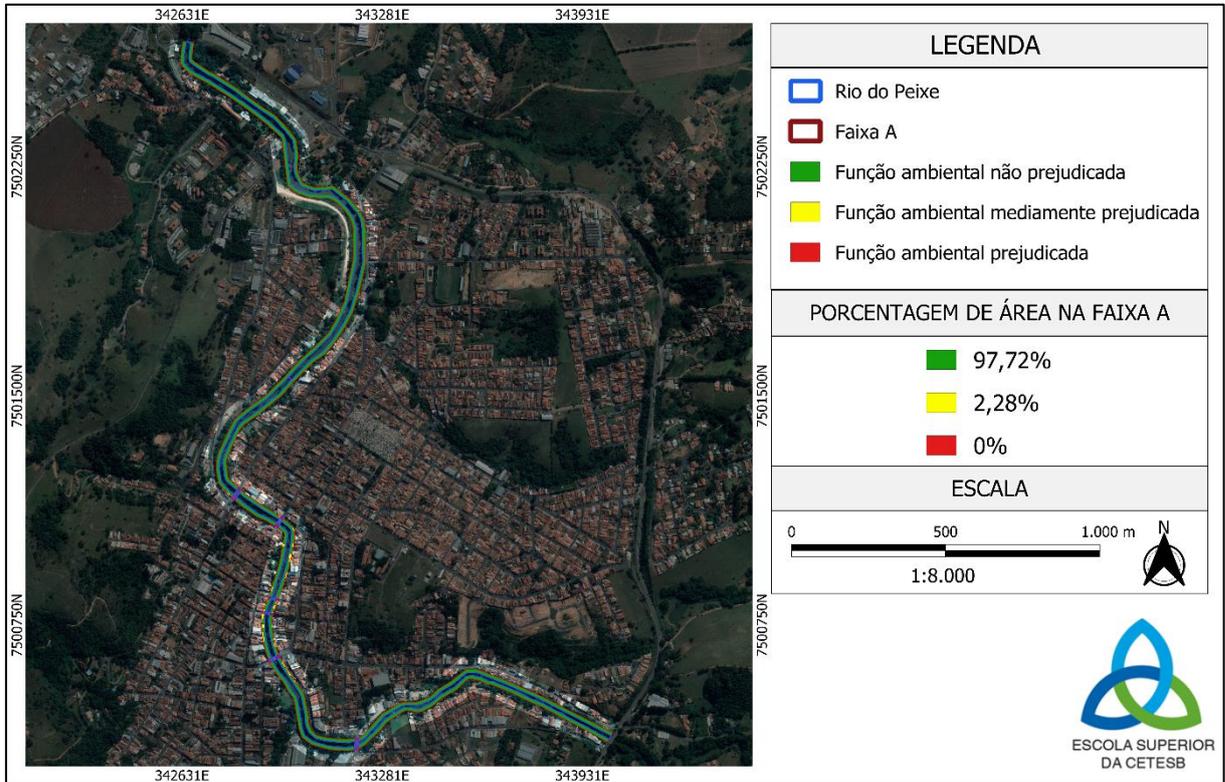
Faixas APP	Função não prejudicada		Função medianamente prejudicada		Função prejudicada	
	%	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	Área (m ²)
Faixa A (0-10m)	97,72	77.165,29	2,28	1.891,18	0	0
Faixa B (10-20m)	59,33	47.122,01	12,25	10.157,13	28,42	22.635,91
Faixa C (20-30m)	21,97	19.246,63	10,97	9.377,94	67,06	51.552,64
Faixa D (30-40m)	20,93	16.124,91	11,04	9.355,50	68,03	54.717,37
Faixa E (40-50m)	17,83	15.784,36	10,67	8.715,66	71,50	55.391,86
Total	43,95	175.443,20	9,89	39.497,41	46,16	184.298,05

Fonte: Autoria própria.

Diante dos resultados obtidos, nota-se que a faixa mais próxima ao recurso hídrico tem a maior parte de sua extensão com função ambiental preservada (faixa A), sendo que na faixa B nota-se o surgimento de notas medianas e ruins, ao passo que nas faixas mais periféricas (C, D e E) predominam as notas ruins.

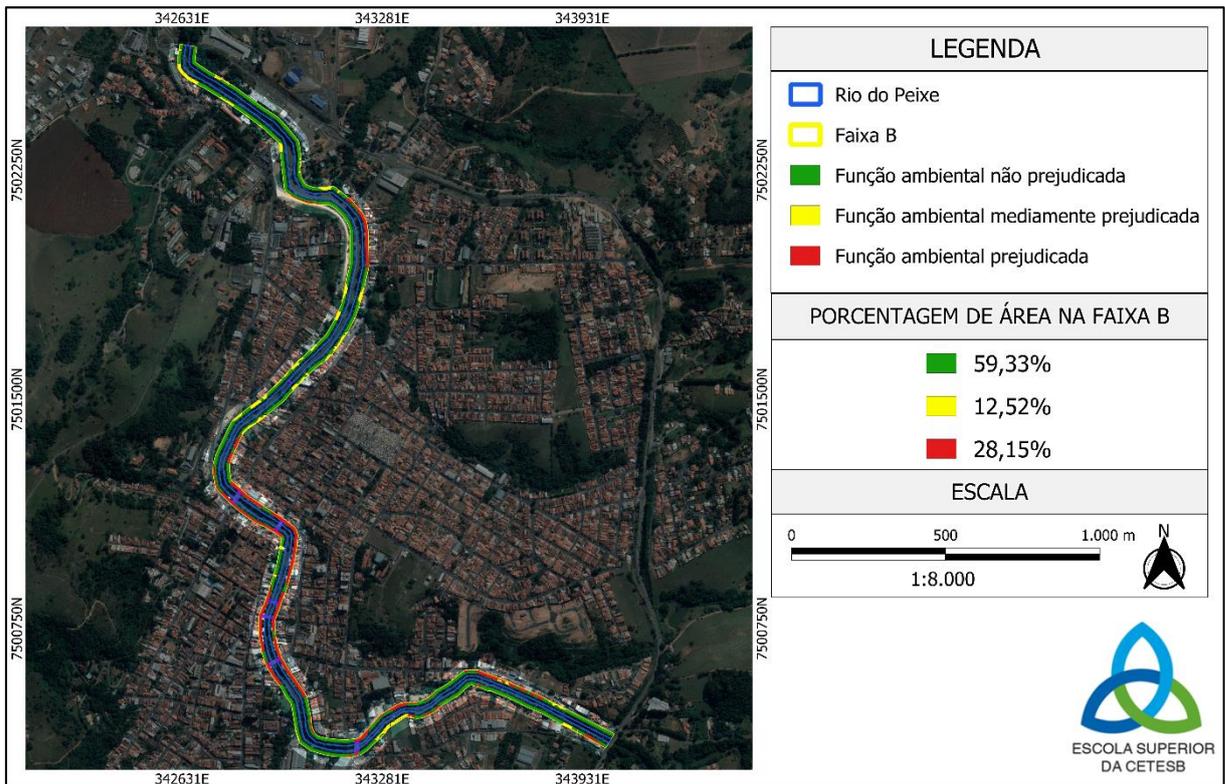
Para melhor visualização de um contexto geral, está sendo representado na Figura 31, o resultado geral das notas obtidas com a aplicação das métricas.

Figura 26 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa A.



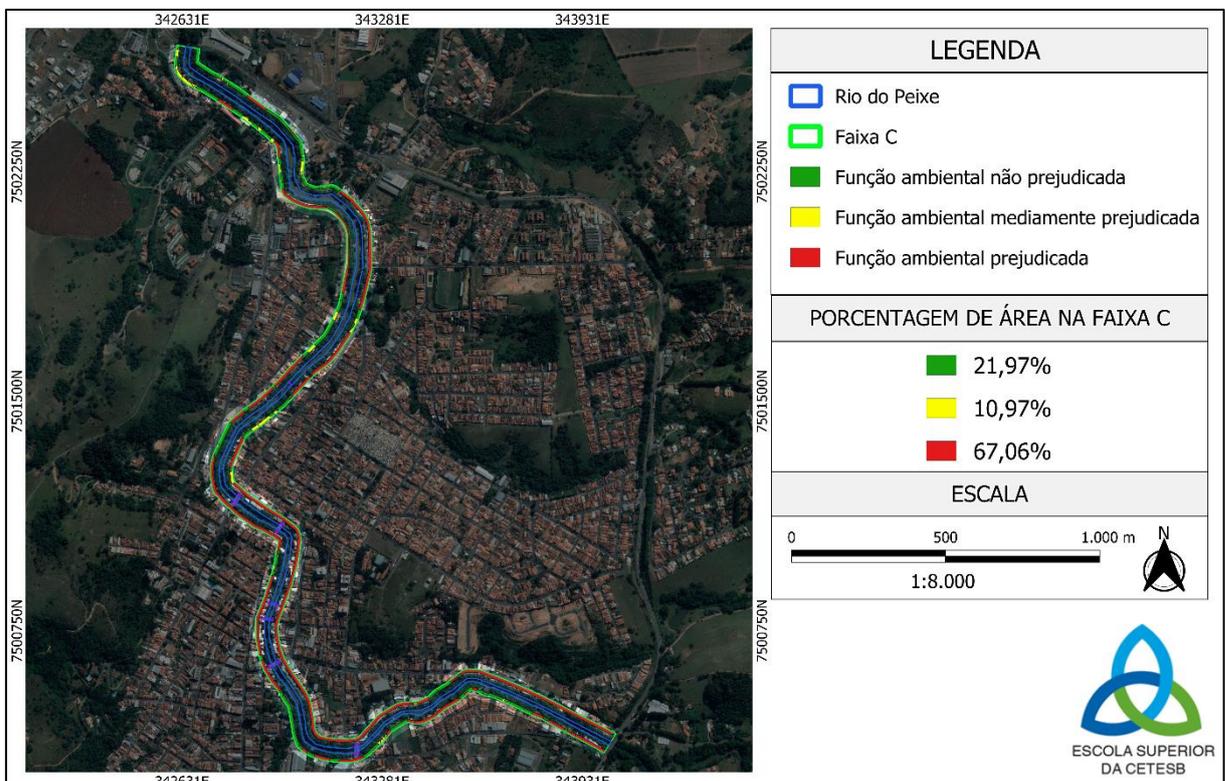
Fonte: Autoria própria.

Figura 27 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa B.



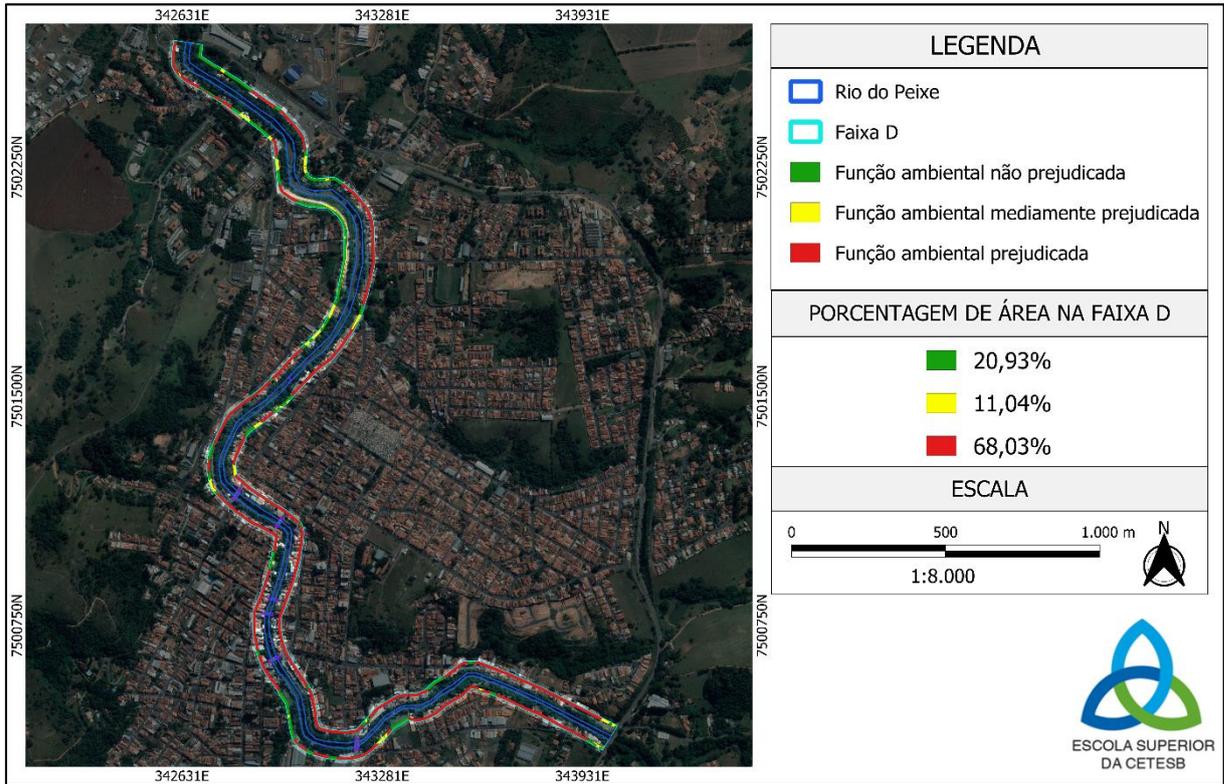
Fonte: Autoria própria.

Figura 28 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa C.



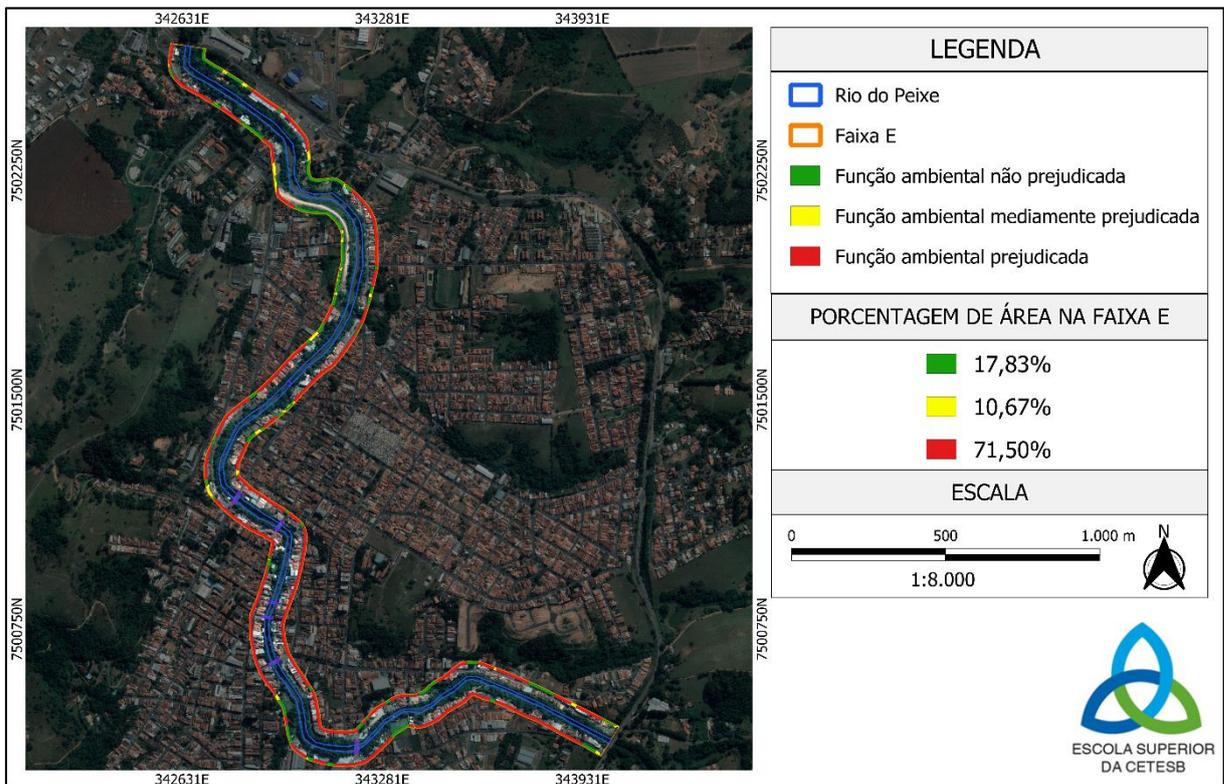
Fonte: Autoria própria.

Figura 29 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa D.



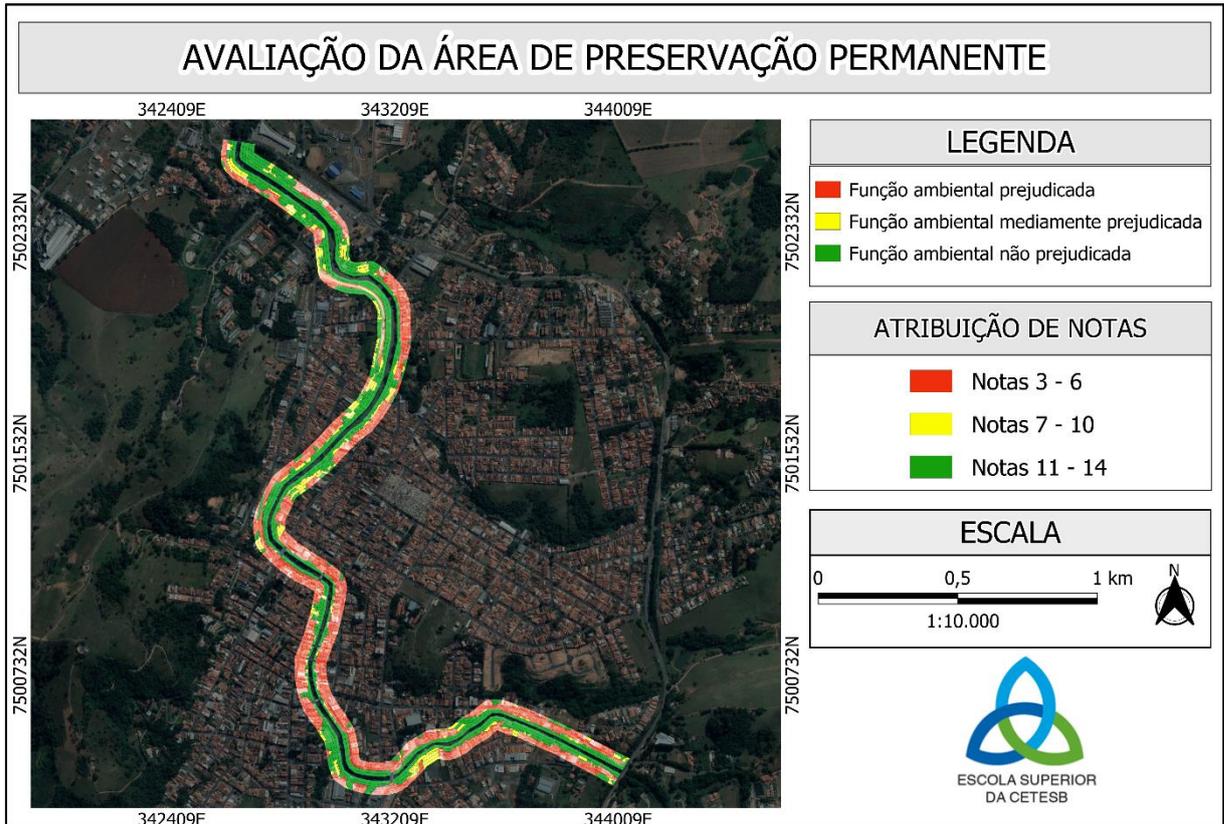
Fonte: Autoria própria.

Figura 30 - Resultado da aplicação das métricas de notas para a Faixa E.



Fonte: Autoria própria.

Figura 31 - Plotagem das faixas de atribuição de notas.



Fonte: Autoria própria.

Considerando as cinco faixas e o trecho total de APP estudada, verifica-se que 9,89%, ou 39.497,41 m² da APP apresenta função ambiental medianamente prejudicada, 46,16% ou 184.298,05 m² da APP apresenta função ambiental prejudicada e 43,95% ou 175.443,20 m² da APP apresenta função ambiental sem prejuízo.

Do exposto, avalia-se que, em geral, a APP do Rio do Peixe no trecho estudado se apresenta com a função ambiental medianamente preservada, a metodologia desenvolvida no presente estudo revela que o desempenho das funções ambientais na paisagem é desigualmente distribuído nas faixas definidas em paralelo ao corpo hídrico, com as faixas A (0 a 10 m) e B (10 a 20 m) apresentando indícios de que as funções ambientais da APP do Rio do Peixe em sua área urbana consolidada estão presentes, por abrigar os fragmentos de vegetação nativa que promovem o fluxo gênico de fauna e flora, bem como a estabilidade geológica da margem, bem estar da população humana e a proteção do recurso hídrico. Por outro lado, as faixas C (20 a 30 m), D (30 à 40 m) e E (40 à 50 m) são predominantemente antropizadas, sendo

uma situação consolidada e de difícil reversão, no qual as funções ambientais estão mais prejudicadas. Este aspecto é relevante, na medida em que permite discutir as funções ambientais de uma APP de modo segmentado.

A aplicação da APP de 50 m para o Rio do Peixe em sua zona urbana consolidada pode ser considerada tecnicamente inviável, pois, devemos levar em consideração o entorno, sendo que a quantidade de construções e ocupações são irreversíveis, fazendo mais sentido estudar e definir a metragem de preservação mínima em que se exerça as funções ambientais, conforme é possível perante a Lei 14.285, de 29 de dezembro de 2021 (BRASIL, 2021), a qual alterou a lei 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012), facultando aos municípios que definam a APP que deve ser respeitada, ouvidos os conselhos estaduais de meio ambiente, sendo que somente poderão ser aplicadas em recursos hídricos localizados em áreas urbanas consolidadas. Neste sentido, a metodologia desenvolvida neste estudo poderá ser aplicada para embasar, de modo técnico e científico, a delimitação de faixas de APP pelas Prefeituras municipais nas áreas urbanas consolidadas, nos termos da Lei 14.285/2021.

Caso o presente estudo sirva como subsídio para tomada de decisão planejamento de ocupação do solo do município de Socorro/SP, sugerimos que a mesma metodologia de estudo seja aplicada para os afluentes do Rio do Peixe que estejam em área urbana consolidada, para fins de se estudar a conectividade e a formação de corredores ecológicos que mantenham as funções ambientais.

De outro lado, sugere-se que para uma análise mais aprofundada das funções ambientais para uma eventual continuidade da pesquisa, que se realize a avaliação de fluxo gênico de fauna, bem como se utilize o arcabouço teórico e metodológico da ecologia de paisagem, que pode oferecer critérios objetivos para mensurar as funções ecossistêmicas ou ambientais de uma determinada paisagem, a partir da composição e configuração dos elementos (manchas florestais, áreas agrícolas, áreas urbanas, etc) presentes na paisagem em estudo. Deste modo, a aplicação de métricas de ecologia de paisagem pode constituir ferramenta relevante para auxiliar a análise da presença/ausência de funções ambientais em uma determinada paisagem (no caso, uma APP), constituindo um lastro objetivo para este tipo de análise, hoje muito dependente da discricionariedade técnica dos agentes envolvidos. O desenvolvimento

e aplicação de métricas e indicadores mais objetivos para avaliar funções ambientais das APPs, associados ao uso de geotecnologias, apresenta um potencial relevante para otimizar as análises do órgão ambiental, inclusive dando escala às análises, resultando em maior eficiência nos processos de licenciamento ambiental.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A APP do Rio Peixe em área urbana consolidada do município de Socorro, no trecho objeto do estudo, se apresenta em 46,16% de sua extensão com função ambiental altamente prejudicada, sendo que as faixas mais distantes do corpo hídrico se apresentam com funções mais comprometidas, e as faixas mais próximas do corpo hídrico estão com funções ambientais mais íntegras. A metodologia desenvolvida e aplicada neste estudo possibilitou (i) reconhecer graus variáveis de prejuízo da função ambiental da APP nas faixas delimitadas em paralelo ao corpo hídrico, o que permite (ii) subsidiar técnica e cientificamente decisões do poder público municipal quanto a redefinição de APPs em áreas urbanas consolidadas nos termos da Lei 14.285/2021, permitindo ainda (iii) dar escala e maior objetividade às análises do órgão ambiental estadual quanto a avaliação das funções ambientais das APPs no contexto do licenciamento ambiental.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.S. Análise da expansão urbana e implicações nas Áreas de Preservação Permanente com auxílio de geotecnologias no município de Indaiatuba (SP). Campinas, 2015, 99p. Monografia (Graduação em geografia) – Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015

ARROYO-RODRIGUEZ, V. et al. Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology Letters*, p.1-17, 2020. Doi: 10.1111/ele.13535.

BRASIL. Lei nº 14.285 de 29 de dezembro de 2021. Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. *Diário Oficial da União*, Brasília: 29 de dezembro 2021 Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.285-de-29-de-dezembro-de-2021-370917982>. Acesso em maio de 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília: 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em maio de 2023.

BRASIL. Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília: 22 de jul 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm, Acesso em maio 2023.

BRASIL. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. *Diário Oficial da União*, Brasília: 20 de dez 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em maio 2023.

BRASIL. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. *Diário Oficial da União*, Brasília: 7 de jul 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7511.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%207.511%2C%20DE%207%20DE%20JULHO%20DE%201986.&text=Altera%20dispositivos%20da%20Lei%20n%C2%BA,Art%20. Acesso em maio 2023.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal. Diário Oficial da União, Brasília: 15 de set 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em maio 2023.

ETTO, T. L. et al. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas -SP. Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1063-1071, dez. 2013.

FERRAZ, J.M.G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J.F., SKORUPA, LA., FERRAZ, J.M.G. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.17-33.

GAVIOLI, F. R. et al. The role of small forest patches in the ecological quality of an anthropized landscape of the Atlantic Forest. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e38311629162, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29162. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29162>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GAVIOLI, F.R., HOSSOMI, A.M.T. Avaliação da temporalidade de ocupações em Áreas de Preservação Permanente no município de Jundiá/SP. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v.15, n3. Curitiba, p.1-17, 2020.

GOOGLE EARTH. Software Google Earth. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Projeto Topodata – banco de dados geomorfométricos do Brasil. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>. Acesso maio.2023.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Mapa de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do Município de Socorro, SP, 2023. Disponível em http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslator/rest/getXml/IPT_Geoserver_WM_S/Risco_Socorro/1449249772296/wms Acesso maio.2023.

MAPBIOMAS. Análise da ocupação urbana em torno de corpos hídricos no Brasil. (Nota técnica). 2022. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Nota+T%C3%A9cnica/Nota_tecnica_Ocupacao_urbana_em_torno_de_corpos_hidricos_no_Brasil_v010822_1.pdf. Acesso em maio.2023.

MELI, P. et al. Riparian-forest buffers: Bridging the gap between top-down and bottom-up restoration approaches in Latin America, *Land Use Policy*, 87. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104085>.

MELLO, K. et al. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, v.270, p.1-16, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>

RIBEIRO, M. P. et al. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. *Ciência Florestal*, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 819–

834, 2020. DOI: 10.5902/1980509837683. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/37683>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SANTANA, L. D. et al. Edge effects in forest patches surrounded by native grassland are also dependent on patch size and shape, *Forest Ecology and Management*, v. 482, n.15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118842>.

SÃO PAULO. Deliberação Normativa Consema 3 de 04 de dezembro de 2018. Reconhece como atividade de baixo impacto ambiental a implementação ou a regularização de edificações em imóveis urbanos cujas Áreas de Preservação Permanente (APPs) tenham perdido suas funções ambientais. Diário Oficial do Estado, São Paulo: 13 de dez 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/05/Delibera%C3%A7%C3%A3o-CONSEMA-n%C2%BA-03-2018.pdf>. Acesso em maio 2023.

SILVA, A. L.; et al. Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. *Ciência Florestal*, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 1254–1269, 2019. DOI: 10.5902/1980509830201. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/30201>. Acesso em: 22 jun. 2023.

TAMBOSI, L.R. et al. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados*, v.29, n.84. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>

TANIWAKI, R.H. et al. The Native Vegetation Protection Law of Brazil and the challenge for first-order stream conservation. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v.16, n.1, p.49-53. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.007>