

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CLAISON CÂNDIDO DE ARAÚJO

**CONFLITOS DE USO DE SOLO EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO DO CAMPO, CAMPO
MOURÃO, PARANÁ-BRASIL**

CAMPO MOURÃO

2024

CLAISON CÂNDIDO DE ARAUJO

**CONFLITOS DE USO DE SOLO EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO DO CAMPO, CAMPO
MOURÃO, PARANÁ-BRASIL**

**CONFLICTS OVER LAND USE IN THE PERMANENT PRESERVATION AREA
OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA OF THE RIO DO CAMPO,
CAMPO MOURÃO, PARANÁ-BRAZIL**

Defesa de dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, área de concentração em Regulação e Governança de Recursos Hídricos e linha de pesquisa Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a. Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo

Coorientador: Prof. Dr. Robertson Fonseca de Azevedo

CAMPO MOURÃO

2024



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

4.0 Internacional



CLAISON CANDIDO DE ARAUJO

**CONFLITOS DE USO DE SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO DO CAMPO, CAMPO MOURÃO,
PARANÁ-BRASIL**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 15 de Março de 2024

Dra. Maristela Denise Moresco Mezzomo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Eudes Jose Arantes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Oseias Cardoso, Doutorado - Universidade Estadual do Paraná (Unespar)

Dr. Robertson Fonseca De Azevedo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedicatória:

Dedico esta dissertação com muito amor e carinho a minha família, principalmente para a minha mãe Geralda Izabel de Miranda, meu pai José Cândido de Araújo Filho, meus irmãos Silvana, Anderson e Greyce, meus cunhados Jardel e Antonio, meus sobrinhos Matheus, Gabriel e Raphaël, minha orientadora profissional Maria Dolores Barrionuevo Alves (Lole), minha Orientadora Prof.^a Dr^a Maristela, Coorientador: meu Coorientador Prof. Dr. Robertson, a UTFPR-CM, a Agência Nacional das Águas, ProfÁgua e a CAPES.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus por estar sempre presente na minha vida, me alertando, me cuidando, me tratando com muito amor, carinho e por ter me dado a graça de poder realizar o mestrado em gestão e regulação de recursos hídricos.

A minha mãe Geralda Izabel de Miranda e meu pai José Cândido de Araújo Filho, pelo amor e carinho que tem comigo.

Aos meus irmãos Greyce, Anderson e Silvana, sobrinhos Matheus, Gabriel e Raphaël que me apoiaram com muita alegria, carinho e amor.

Aos professores do mestrado ProfÁgua (Dra. Maristela Mezzomo; Dr. Robertson Fonseca; Dr. André Pellegrini; Dr. Ericson Hayakawa; Dr. Nelsinho Consolin, Dra. Marcilene Consolin; Dr. Elton Oliveira; Dr. Adriano Romero; Dra. Rafaelle Romero; Dra. Cristiane Kreutz; Dra. Flávia Medeiros).

Agradecimento imenso ao meu amigo e Prof. Dr. Eudes Arantes por me avisar que eu tinha que fazer uma nova proposta, no início do segundo semestre do mestrado, porque a APA do rio do Campo, que era minha proposta, já existia.

Ao Sr. Emerson Masuokada da Secretaria de Meio Ambiente e Bem-Estar Animal de Campo Mourão, Paraná, que cedeu as informações sobre os limites da APA do rio do Campo.

A todos os servidores da universidade, incluindo também os terceirizados que sempre me trataram com tanto carinho, especialmente os que trabalham na Biblioteca, que foi meu cantinho preferido da universidade.

A Lole, minha orientadora profissional que é uma pessoa positiva, feliz, referência de pessoa em prol do bem comum, sendo uma das pessoas mais importantes da minha vida acadêmica.

Ao Dr. Everton Luiz Polisel Dezan, meu médico e amigo e a secretária Edséia, que foram e são importantíssimos na minha vida por me tratar muito bem.

Ao Dr. Jefferson do Nascimento e todos que fazem parte da secretaria do ProfÁgua.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR pelo apoio recebido.

Mais vale Deus nas alturas, olhai por mim.

Mestre Cadinho

RESUMO

De ARAÚJO, Claison C. **CONFLITOS DE USO DE SOLO EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE RIOS E NASCENTES DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO DO CAMPO, CAMPO MOURÃO, PARANÁ-BRASIL** 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado) – Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2024.

A conservação dos recursos hídricos é um desafio em terras com intensificação de atividades agropecuárias e ocorrência de conflito de solo em Área de Preservação Permanente de rios e nascentes. Tal fato, potencializa o processo de erosão do solo e a vulnerabilidade hídrica no Brasil, e este problema apresenta maiores proporções em local de manancial de abastecimento público como ocorre na Área de Proteção Ambiental do rio do Campo. Este trabalho objetivou analisar os conflitos de uso de solo em Área De Preservação Permanente – APP de rios e nascentes da Área De Proteção Ambiental – APA do rio do Campo e propor ações para reabilitação de áreas degradadas, a fim de potencializar a conservação das águas. A APA do rio do Campo é de grande importância por ser correspondente ao manancial de abastecimento público da cidade de Campo Mourão e há necessidade de preservação e reabilitação de APP em situação de conflito de uso de solo, atualmente ocupados por atividades da agropecuária em espaços antes ocupados por rios e nascentes. Neste trabalho foi criado um banco de dados com informações da rede de drenagem, hipsometria, declividade, cobertura e uso do solo, tipos de solos e imagens de satélite. Com o uso desse banco de dados, foram gerados mapas temáticos de conflitos de uso de solo em APP de rios e nascentes da APA, em ambiente do Sistema de Informação Geográfica, seguido de análise e proposta de um plano de reabilitação de áreas degradadas. As APP foram delimitadas e referenciadas pelo novo Código Florestal e os conflitos de uso de solo foram identificados por meio de comparação de imagens da hidrografia do Paraná do ano de 2007, sobrepondo imagens do *Google Earth* do ano de 2022, ambos com DATUM SIRGAS 2000. A estimativa de perda de solo foi feita com o uso das equações *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) e equação *Sediment Delivery Ratio* (SDR), que escoam para os rios e que acentuam a vulnerabilidade hídrica, resultando em 10,84 t/ha/ano de perda de solo, e 2.9 t/ha/ano de sedimentos escoam para fora da APA do rio do Campo. Foram encontrados 114 ocorrências de conflitos de uso e ocupação de solo em Área de Preservação Permanente de rios. Em 32 nascentes de 36 nascentes existentes na Área de Proteção Ambiental do rio do Campo ocorre conflito de uso e ocupação de solo.

Palavras-chave: Degradação; Gestão; Recursos Hídricos; Sustentabilidade.

ABSTRACT

De ARAÚJO, Claison C. **CONFLICTS OVER LAND USE IN THE PERMANENT PRESERVATION AREA OF RIVERS AND SPRINGS OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA OF RIO DO CAMPO, CAMPO MOURÃO, PARANÁ-BRAZIL** 2024. 71 f. Dissertation (Professional Master in National Network in Management and Regulation of Hydric Resources). Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2024.

The conservation of water resources is a challenge in lands with intensified agricultural activities and land conflicts in Permanent Preservation Areas of rivers and springs. This exacerbates the process of soil erosion and water vulnerability in Brazil, and this problem has greater proportions in places where public water is supplied, as is the case in the Rio do Campo Environmental Protection Area. The aim of this study was to analyze land use conflicts in Permanent Preservation Areas (PPAs) of rivers and springs in the Rio do Campo Environmental Protection Area (APA) and to propose actions for rehabilitating degraded areas in order to improve water conservation. The APA of the Rio do Campo is of great importance as it corresponds to the public water supply of the city of Campo Mourão and there is a need for the preservation and rehabilitation of APP in a situation of land use conflict, currently occupied by agricultural activities in spaces previously occupied by rivers and springs. In this work, a database was created with information on the drainage network, hypsometry, slope, land cover and use, soil types and satellite images. Using this database, thematic maps of land use conflicts in the APP of rivers and springs of the APA were generated in a Geographic Information System environment, followed by an analysis and proposal for a rehabilitation plan for degraded areas. The PPAs were delimited and referenced by the new Forest Code and land use conflicts were identified by comparing images of Paraná's hydrography from 2007 and overlaying Google Earth images from 2022, both with the SIRGAS 2000 DATUM. Soil loss was estimated using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and the Sediment Delivery Ratio (SDR) equations, which drain into rivers and accentuate water vulnerability, resulting in 10.84 t/ha/year of soil loss, and 2.9 t/ha/year of sediment flowing out of the Rio do Campo APA. There were 114 occurrences of land use and occupation conflicts in Permanent Preservation Areas of rivers. Conflicts of land use and occupation occur in 32 of the 36 springs in the Rio do Campo Environmental Protection Area.

Keywords: Degradation; Management; Water resources; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil.....	27
Figura 2 – Rede de drenagem da APA do rio do Campo	35
Figura 3 – Hipsometria da APA do rio do Campo	36
Figura 4 – Declividade da APA do rio do Campo	37
Figura 5 – Uso do solo da APA rio do Campo.....	39
Figura 6 – Áreas Urbanizadas de Campo Mourão, Distrito Piquirivaí e Comunidade Alto Alegre	41
Figura 7 – Solos da APA do rio do Campo	42
Figura 8 – Identificação das áreas de conflitos em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil.	43
Figura 9 – Conflito entre APP e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.	45
Figura 10 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.	46
Figura 11 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e silvicultura.	47
Figura 12 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.	48
Figura 13 – Terraceamento em nascente e rio da APA do rio do Campo	54
Figura 14 – Espécies indicadas para a Reabilitação de Áreas Degradadas em APP de rios e nascentes	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área em hectare das classes de uso do solo da APA do rio do Campo.	40
Tabela 2 – Área dos solos da APA do rio do Campo, Campo Mourão, PR	42
Tabela 3 – Ocorrência de conflito de uso de solo em APP das nascentes dos rios da APA.....	43
Tabela 4 – Ocorrências de conflito de uso de solo em APP das margens dos rios da APA.	44
Tabela 5 – Espécies exemplares e respectivas formações florestais; Espaçamento para o plantio e interações com a fauna para Reabilitação de área degradada.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APAs	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
APPs	Áreas de Proteção Permanente
Cfa	Clima subtropical úmido
cm	Centímetro
FESD	Floresta Estacional Semidecidual
FOM	Floresta Ombrófila Mista
ha	Hectare
m	Metro
mJ	Milijoule
mm/h	Milímetros por hora
t	Tonelada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
3 JUSTIFICATIVA.....	19
4 REVISÃO DE LITERATURA	22
4.1 APAs no contexto dos Recursos Hídricos.....	22
4.2 Áreas de Preservação Permanente em situação de conflito de uso e ocupação de solo	24
5 MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1 Área de Estudo	27
5.2 Organização de Banco de Dados.....	29
5.2.1 Caracterização Morfométrica da APA do rio do Campo	29
5.3 Cálculo da Perda de Solo por Erosão Hídrica	30
5.4 Identificação de Conflitos de Uso de Solo em APP da APA do rio do Campo	32
5.4.1 Registro de Evidências de Conflitos de Uso de Solo em APP da APA	33
5.5 Proposta de Reabilitação de APP da APA	33
6 RESULTADOS.....	35
6.1 Rede de drenagem APA do rio do Campo	35
6.2 Hipsometria da APA do rio do Campo.....	36
6.3 Declividade da APA do rio do Campo	36
6.4 Cobertura e uso do solo da APA do rio do Campo	38
6.5 Solos da microbacia da APA do rio do Campo	41
6.6 Identificação de conflitos de solo em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo	42
6.7 Registro de Evidências de Conflito de uso de solo em nascentes e APP de rios da APA do rio do Campo.....	44
6.8 Cálculo da perda de solo por erosão hídrica	49
6.8.1 Equação da Taxa de Entrega de Sedimentos	51
7 PLANO DE REABILITAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE ...	53
7.1 Terraceamento em bordas de APPs de rios e nascentes	53
7.2 Práticas antes do Plantio de Mudanças	54

7.3 Controle de Plantas Exóticas Invasoras	55
7.4 Controles de Pragas.....	55
7.5 Tratos culturais	56
7.6 Técnica de Nucleação.....	56
7.7 Espécies de plantas escolhidas como exemplo para reabilitação de área degradada	57
7.8 Monitoramento da Área de Reabilitação Ambiental.....	60
8 PRODUTO	63
9 CONCLUSÕES	64

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um problema que se intensifica a cada ano, sendo que um dos principais resultados é a redução de água potável disponível para o consumo humano (ANA, 2013). Tal fato pode ter diversas causas de ordem econômica, social e ambiental, entre as quais, a supressão da vegetação, o uso e ocupação do solo em APP com as atividades agropecuárias e criação de estradas e rodovias em cima de nascentes e rios.

Essas atividades antrópicas em Áreas de Preservação Permanentes podem resultar em vulnerabilidade da segurança hídrica e subsistência da biodiversidade.

Segundo Capoane, dos Santos e Pellegrini (2011), a agricultura brasileira caracteriza-se pela itinerância espacial e imediatismo econômico. Ainda que sejam utilizadas técnicas de conservação do solo, a expansão agrícola tem invadido as APPs.

A agricultura é importante na produção de alimentos e é um importante setor econômico, mas é essencial um aproveitamento dos recursos naturais de forma sustentável, respeitando técnicas de conservação e respeitando as leis de ocupação de solo em APPs.

Segundo Santos *et al.*, (2019), a expansão das áreas agrícolas e a exploração dos recursos naturais não planejado são exemplos de ações antrópicas que provocam alterações na cobertura do solo, gerando impactos ambientais e socioeconômicos.

Para Souza e Gaspareto (2012) e Bertol *et al.*, (2016), a degradação dos solos é um dos principais problemas socioambientais em áreas agrícolas no Brasil, e tem promovido a contaminação e poluição das águas.

Para Oliveira Filho *et al.*, (1994), a supressão vegetal ripária contribui com a erosão nas margens dos rios, assoreamento de rios e nascentes, e aumento da turbidez das águas.

A supressão da vegetação de APP e o uso dessas áreas implica em degradação significativa dos corpos hídricos, e essa situação tem sido verificada em APPs do manancial de abastecimento público do município de Campo Mourão, localizado na mesorregião centro-ocidental do estado do Paraná. O manancial do rio

do Campo está protegido por lei, uma vez que foi criada uma Área de Proteção Ambiental – APA no local.

A APA do rio do Campo foi criada pelo Decreto nº 7.612 de 27 de abril de 2018 com intuito de potencializar a conservação do manancial e de toda área da APA. A área mencionada faz parte da categoria do grupo de Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável (Brasil, Lei nº 9.985/00), e ainda não conta com plano de manejo que aborde estudos e ações em das APP e proteção de corpos hídricos.

O principal rio da APA é o rio do Campo, que fornece, aproximadamente, 70% da água destinada para o abastecimento público da cidade de Campo Mourão (Plano Municipal De Saneamento Básico, 2017).

Diante da necessidade da proteção da APA, foi feito o levantamento de conflitos de uso de solo nas APPs e proposto um plano de reabilitação dessas áreas, com um rol de orientações apresentadas em um relatório técnico na forma de produto deste trabalho.

Para isso, foi realizada a caracterização da APA utilizando ferramentas adequadas e disponíveis em *software* de geoprocessamento de dados, também foram realizados cálculos com equações consolidadas para estimar a perda de solo e por fim, foi indicado sugestões metodológicas para reabilitação de áreas degradadas.

A estimativa de perda de solo pode elucidar os problemas gerados em corpos hídricos, como o assoreamento e a perda da qualidade e quantidade das águas servidas. Além disso, o registro da estimativa de transporte de sedimentos para as nascentes e rios, pode indicar a falta das práticas de plano de manejo adequado e uso e ocupação de solo em APP.

A reabilitação de áreas degradadas consiste em criar condições favoráveis para o restabelecimento do ambiente, favorecendo a ocorrência de interações ecológicas e serviços ambientais.

Não se recupera o que foi perdido, mas é possível reabilitar áreas degradadas, que neste caso é para a proteção dos recursos hídricos que em sua maior parte é destinada para o abastecimento público.

Este trabalho faz parte da área de concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos e linha de pesquisa Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua. A necessidade por ações efetivas que visam a manutenção das águas, principalmente em mananciais de abastecimento público é a preocupação central que norteia a relação deste trabalho com a linha de pesquisa. A boa gestão das águas passa em primeira instância, pelo planejamento e efetividade de ações, como a proteção dos rios pelas APPs.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o conflito de uso de solo nas Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental do rio do Campo e propor ações para reabilitação ambiental.

2.2 Específicos

- Caracterizar morfometricamente a APA;
- Delimitar as APPs em nascentes e rios da APA;
- Identificar e analisar os usos de solo em APP da APA;
- Estimar a perda de solos na APA;
- Elaborar um relatório técnico com a identificação dos usos e ocupação de solo em APP da APA, com proposta de reabilitação para as áreas degradadas.

3 JUSTIFICATIVA

A Lei nº 9.433/97, em seu artigo. 1º, I, estabelece como um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, que a água é um bem de domínio público. No artigo 2º, I, que trata dos objetivos, determina que devem ser assegurados para a atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (Brasil, 1997).

Planejar, regular, controlar o uso das águas, preservar e recuperar áreas dos mananciais estão previstos no Art. 32, IV e são objetivos do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Para propor a reabilitação de área degradada de APP de rios e nascentes, primeiramente é necessário identificar locais com ocorrência de conflito de uso, como ocupação de APP utilizadas para produção agropecuária.

As APPs de rios e nascentes nas quais existam conflitos de uso de solo, podem potencializar o carreamento de partículas de solo, fertilizantes e agrotóxicos para os corpos hídricos, resultando em assoreamento, poluição e contaminação das águas.

Para identificar o carreamento de partículas de solo, as APP em conflito de uso e ocupação de solo e estimar o tamanho dessas áreas degradadas, é necessário realizar o processamento de dados georreferenciados com o uso de ferramentas computacionais.

Segundo Lollo *et al.*, (2018), é possível desenvolver análises complexas de dados e informações ambientais com aplicações de sensoriamento remoto, gerando produtos cartográficos.

Ainda para Lollo *et al.*, (2018) é importante utilizar dados e ferramentas adequadas para subsidiar o gerenciamento, manejo e conservação da bacia hidrográfica, pois esta apresenta diversos indicadores para a avaliação ambiental.

Outra ferramenta para estimar o dano ambiental é a equação *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), proposto por Renard *et al.*, (1997), pela qual pode-se estimar a quantidade de partículas de solo perdidas e transportadas.

A equação complementar à RUSLE é *Sediment Delivery Ratio* (SDR) proposta por Williams e Berndt (1972) e Vanoni (1975), com a finalidade de estimar a taxa de transferência de sedimento que sai da bacia hidrográfica.

O cálculo da perda de solo via RUSLE e SDR aplicado na APA e nas APP da APA pode ser útil para o plano de manejo, pois esta equação estima a quantidade de partículas de solo carregado para os corpos hídricos superficiais causando o assoreamento de rios e nascentes. Também pode ser feita a estimativa de poluição e contaminação por fertilizantes e agrotóxicos transferidos do solo para as águas.

Para conter os sedimentos que escoam em direção as nascentes e rios, podem ser inseridas curvas de nível ou terraceamento em bordas de APPs, visto que as APPs de nascentes tem forma arredondada e a inserção de terraceamento é a forma mais adequada para os limites fronteirios da APP, a fim de proteger a vegetação, e em rios pode ser feito o terraceamento ou curvas de nível, dependendo da avaliação técnica em campo. Os terraços agrícolas podem ser de retenção e escoamento (Wadt, 2003).

Segundo Gonçalves (2020), dentre outros benefícios do terraceamento estão: redução da vazão de pico dos cursos d'água e aumento da recarga de água do lençol freático; amenização da topografia, melhoria das condições de mecanização das áreas agrícolas; melhor programação de plantio e colheita.

O levantamento de dados e informações processadas da APA do rio do Campo podem gerar resultados importantes e justificam a necessidade de reabilitação das áreas degradadas em APP, e o plano de reabilitação pode ser justificado por benefícios ambientais, econômicos e culturais.

Os benefícios ambientais esperados deverão ser: preservação da fauna e da flora nativa; proteção dos corpos hídricos; preservação da vegetação ciliar; preservação de matéria orgânica no solo; melhorias dos meios de culturas no uso sustentável; melhorias educacionais e ambientais na comunidade local, além de potencializar a conservação das águas.

Os benefícios econômicos esperados deverão ser: aumento do recebimento de ICMS ecológico, podendo ser utilizado para o saneamento ambiental; preservação de recursos hídricos para o uso rural, para a comunidade rural e para os habitantes da cidade de Campo Mourão; menor investimento em ações de melhoria da qualidade da água no tratamento para abastecimento.

Os benefícios culturais e educacionais esperados devem ser com fortalecimento da cultura e da educação ambiental sobre a preservação da natureza dentro das comunidades da APA.

Identificar e analisar o uso e ocupação do solo nas APP e propor um plano de reabilitação das áreas degradadas, pode contribuir com a potencialização, a conservação e a proteção dos recursos hídricos na APA do rio do Campo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 APAs no contexto dos Recursos Hídricos

O Art. 2º da Lei nº6.938/81 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tem por objetivo a preservação, a melhoria e a reabilitação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no País, as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, e no inciso VIII, estabelece a reabilitação de áreas degradadas.

Reabilitar áreas degradadas é uma ação notável, mas ressalta-se a importância de preservação ambiental, previsto no Art. 225 da Constituição Federal de 1988, no § 1º, I (preservar, restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas).

Para a proteção de áreas de interesse de preservação ambiental, foi criado o conceito de Unidades de Conservação (UC) com diferentes grupos e categorias.

As UCs são componentes do SNUC divididas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral que tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, composta por 5 categorias: (Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio da Vida Silvestre) e Unidades de Uso Sustentável que têm como objetivo básico, compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (Brasil, 2000).

As Unidades de Uso Sustentável têm como uma de suas categorias a APA, e o Art. 15 da lei que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) caracteriza APA como uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Brasil, 2000).

A figura da APA já havia sido definida pelo Art.1º da Resolução CONAMA nº 10, de 14 de dezembro de 1988 como unidade de conservação (UC), destinada para

a proteção e conservação da qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e a proteção dos ecossistemas regionais.

Para uma melhor gestão dos recursos hídricos, a Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, define no Art. 1º, V, que a Bacia Hidrográfica é a unidade territorial onde atua o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

De fato, para uma melhor gestão, foi criado o comitê de bacia hidrográfica da bacia do Alto do Ivaí que abrange a bacia do rio do Campo e a APA do rio do Campo, que é composto por uma equipe multidisciplinar do Poder Público, Sociedade Civil e Usuários, podem otimizar a gestão dos recursos hídricos.

Nesse contexto, a APA do rio do Campo foi criada pelo Decreto nº 7.612 de 27 de abril de 2018 com o objetivo de garantir a preservação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica, disciplinar o uso e ocupação do solo conforme o zoneamento específico da APA e orientações do plano de manejo e garantir a cobertura vegetal existente.

O Art.5º, §, do decreto nº 7.612/18 - Campo Mourão (2018), reforça a proibição da supressão total ou parcial das florestas e das demais formas de vegetação em APP, prevista pela Lei nº 12.651/12, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa Brasil (2012), e demais legislações pertinentes.

Em relação ao desenvolvimento sustentável na escala global, os recursos hídricos têm sido objeto de debate dentro da perspectiva dos objetivos propostos pela Agenda 2030 organizada pelas Nações Unidas (ONU, 2015). O ODS nº 6 trata da água potável e saneamento e tem como uma das metas, garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos até 2030. Entre os indicadores que o Brasil utiliza para alcançar esse objetivo, está a proporção da população que utiliza serviços de água potável gerenciados de forma segura (Brasil, 2015).

4.2 Áreas de Preservação Permanente em situação de conflito de uso e ocupação de solo

São considerados conflitos de uso de solo, as áreas de preservação permanente preconizadas pelo Código Florestal com ocorrência de uso antrópico.

Na esfera Federal, destaca-se o Art. 225 da Constituição Federal de 1988, que estabelece o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

O novo Código Florestal estabelece normas gerais para a proteção da vegetação nativa, a Lei nº 12.651/12, no Art. 3º, II define APP como:

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

Os proprietários das áreas rurais consolidadas antes do dia 22 de junho de 2008, cuja data é o marco da área rural consolidada, não são obrigados a recuperar a largura mínima de vegetação ciliar de rios ou nascentes, pois a recuperação é determinada pelo tamanho do imóvel rural e não de acordo com o Art. Art. 4º, da Lei nº 12.651/12, que trata das delimitações das APPs.

Com base no Art. 6º, I, da Lei nº 12.651/12, as APP têm função significativa na mitigação de impactos ao meio ambiente, controlar a erosão do solo, a poluição, contaminação e assoreamento dos rios e nascentes (Brasil, 2012).

Para a proteção das águas, essa mesma Lei nº 12.651/12, Art. 4º, que trata das delimitações das APPs em zonas rurais e urbanas, prevê que rios com largura menor ou igual a 10m, devem ter 30m de faixas marginais. A regra aplica-se a qualquer curso d'água natural perene, intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima, e as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Brasil, 2012).

Vale ressaltar que a Lei Federal nº 14.285/21, que trata sobre a alteração da do Código Florestal, ampliou a autonomia do município para disciplinar nova metragem de faixas de APP das margens de cursos d'água em área urbana, mas tal regra não foi utilizada no Plano Diretor do município de Campo Mourão.

Os recursos hídricos podem ser protegidos por influência da integridade das APPs, e essas áreas são amparadas por força das Leis supracitadas com o engajamento do setor público, a participação da sociedade civil e a comunidade científica, que também formam o comitê de bacia hidrográfica.

As APP são importantes para a proteção e preservação dos recursos hídricos e uma das formas de avaliação para conhecer se há necessidade de intervenção, é caracterizar morfometricamente a área de interesse, identificar os usos e ocupação do solo, verificar a presença da vegetação nativa, para então, identificar a causa da vulnerabilidade dos recursos hídricos.

Há necessidade de reabilitar APP degradadas para manter a qualidade e quantidade das águas dos corpos hídricos e na proposta de criação de APAs no manancial de abastecimento público de Cianorte-PR, no trabalho de Silva (2020), indicou a Lei municipal nº 2436/2003, que trata da criação de APA do Ribeirão Araras, em Paranaíba-PR. O Art. 2º, I; da Lei supracitada, tem por objetivo, preservar o manancial de abastecimento de água do município, e, III, recuperar áreas degradadas e erodidas para evitar o assoreamento dos recursos hídricos.

Para identificação de danos ambientais de APP, é necessário caracterizar a área de estudo. Para Ferrari, Santos e Garcia (2013), caracterizar morfometricamente uma bacia hidrográfica pode gerar informações para a compreensão da dinâmica ambiental que ocorre. De fato, a caracterização revela as condições de conservação e proteção ambiental, possibilitando também a identificação da vulnerabilidade dos recursos hídricos.

É possível avaliar uma bacia hidrográfica com a utilização de técnicas de geoprocessamento de dados, uso de cálculos matemáticos e análise de informações, possibilitando verificar se há vulnerabilidade dos recursos hídricos do local de interesse.

Também é necessário delimitar a APP para identificação de conflito de uso e ocupação de solo em APP e pode ser feita com a ferramenta *Buffer* do *software* QGIS. Tal ferramenta foi utilizada em estudos anteriores, porém com o cálculo da

área de uso de solo, por exclusão de todas as camadas de uso de solo, exceto a camada da floresta nativa, do mapa de uso de solo apresentados no estudo de Couto e Silva (2018).

Para Mesquita, Silvestre e Steinke (2017) o crescimento urbano desordenado é o principal fator da diminuição da qualidade ambiental, e em seu estudo, as áreas agrícolas passaram a ser urbanizadas sem planejamento, e por uma série de desrespeito à legislação ambiental, ocuparam as APP, pela qual comprometeu os recursos hídricos. Para identificar e quantificar os tipos de ocupações irregulares, os autores utilizaram imagens de alta resolução disponibilizadas pelo Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do Distrito Federal no formato WMS e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Na área de estudo deste trabalho, a APA do rio do Campo apresenta limites fronteiros com áreas urbanas e pode vir apresentar problemas semelhantes, apresentados no estudo de Mesquita, Silvestre e Steinke (2017).

Em área rural, os limites fronteiros das APPs de rios e nascentes da APA do rio do Campo é com as áreas de uso e ocupação de solo com as atividades agropecuárias.

Segundo Capoane, dos Santos e Pellegrini (2011), um rio desprovido de vegetação ciliar fica suscetível a processos erosivos mais frequentes e intensos ao longo das margens, resultando em assoreamento.

Os rios desprovidos de vegetação ciliar tendem a assorear e ocupar as APPs com as suas águas provindas de eventos meteorológicos e vazão aumentada, podendo causar danos ambientais e alterar significativamente as interações ecológicas Nowatzki, Paula e Santos (2002).

Portanto, é importante mensurar a quantidade de solo carregado para dentro dos corpos hídricos que resultam em assoreamento de rios e nascentes, e o solo perdido para fora da bacia hidrográfica, usando as equações RUSLE e SDR, que estimam a perda de solo. Tal resultado pode ser usado para elucidar as fontes de poluição e contaminação das águas.

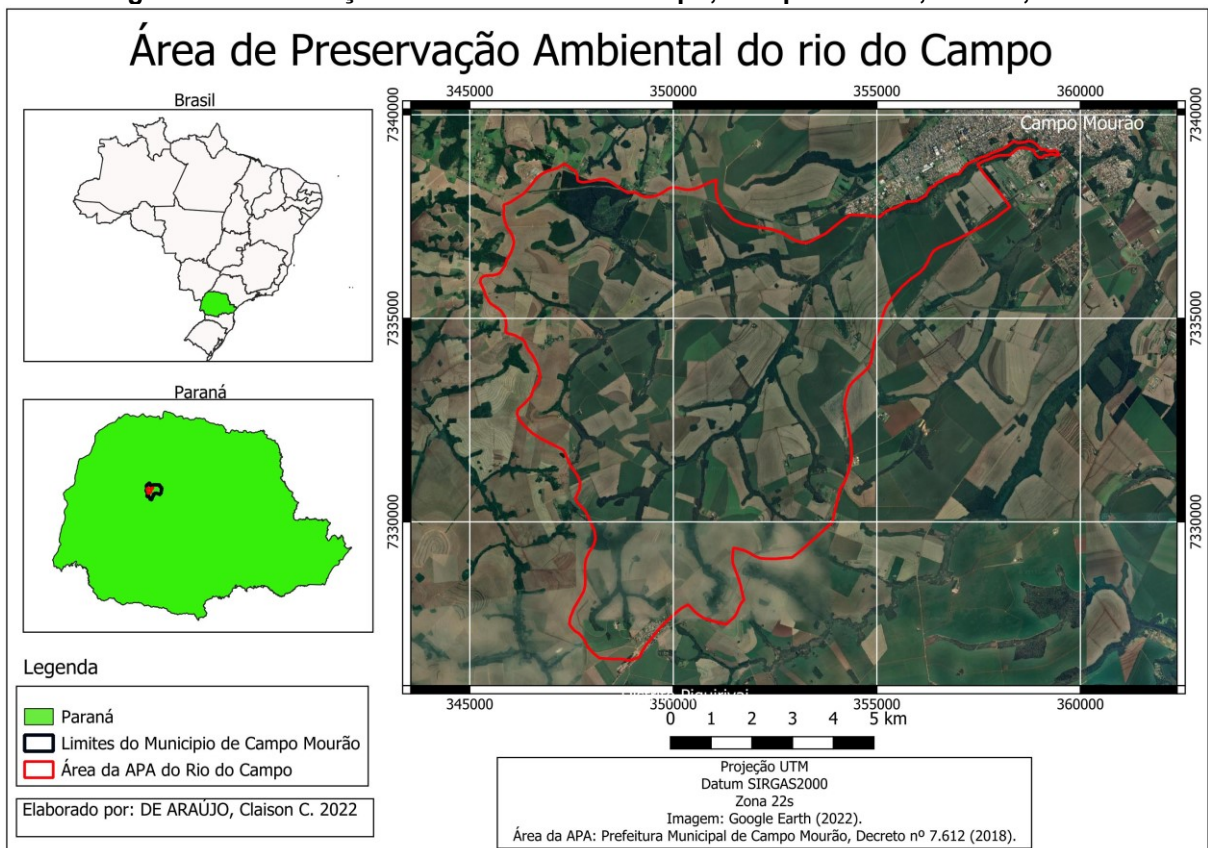
No trabalho de Souza e Paula (2019) a quantidade de sedimentos perdidos foram estimadas com o uso da equação USLE em diferentes sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Coreaú, no estado do Ceará, e teve a média de perda de solo de 15,80 t/ha/ano.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

A área de estudo é a APA do rio do Campo. Tal área é correspondente ao manancial de abastecimento público da cidade de Campo Mourão, com as nascentes de maiores altitudes, localizadas próximas de Piquirivaí e Alto Alegre, e jusante em área urbanizada do município de Campo Mourão. A área da APA é de 8.636 ha, e está localizada entre as coordenadas geográficas 24°07'22" S 53°30'03" W e 24°03'17" S 52°22'56" W, Datum SIRGAS 2000 (Figura 1).

Figura 1 – Localização da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima dessa região é classificado como Cfa, clima subtropical com verões quentes de temperaturas superiores a 22 °C e nas estações mais frias a temperatura não supera os 17 °C, demonstrando estações bem definidas. A região apresenta precipitação de 1.600mm

a 1.800mm por ano, umidade com variação de 75,1% a 80% (Caviglione, *et al.*, 2000).

As diferentes fitofisionomias encontradas na APA do rio do Campo têm suas fronteiras estabelecidas por nível de altitude (Roderjan, *et al.*, 2002, n. 24, p. 75-92).

Segundo Roderjan, *et al.*, (2002, n. 24, p. 75-92), as fitofisionomias Floresta Ombrófila Mista ocorrem entre as altitudes 800m-1200m, a Floresta Estacional Semidecidual Montana 600m-800m, Floresta Estacional Semidecidual Submontana abaixo dos 600m.

A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela presença de araucárias, com clima quente e úmido, normalmente inverno frio, com geadas frequentes em alguns municípios do Paraná (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012, p. 55). As temperaturas anuais de 18 °C e em alguns períodos, inferior a 15 °C são os motivos agregados à altitude e relevo, responsáveis por suas características (Nitsche *et al.*, 2019).

Floresta Estacional Semidecidual é a formação de ambientes menos úmidos do que a Floresta Ombrófila Densa. Normalmente ocupam ambientes que transitam entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido. Sua formação vegetal tem porte de 20m de altura e apresenta perda de folhas no período seco, confundindo-se na época chuvosa com a Floresta Ombrófila Densa (Araújo Filho, 2009).

A vegetação presente na área de pesquisa, com referência à definição de estratificação de vegetação indicada por Roderjan, *et al.*, (2002, n. 24, p. 75-92), é formada pelo ecótono entre a formação da Floresta Estacional Semidecidual Montana (FESD-MON), Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESD-SUB) e Floresta Ombrófila Mista (FOM). Tal informação auxiliará na escolha de indivíduos vegetais adequados e com a metodologia adequada para o plano de reabilitação de APP.

A APA está localizada dentro da unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná e unidade morfoescultural Terceiro Planalto Paranaense (Minerais do Paraná, 2001). A formação geológica da APA corresponde ao: grupo São Bento, formação Serra Geral, com a presença de argilominerais, menos suscetíveis à erosão e em áreas mais planas da APA são encontradas rochas sedimentares do grupo Bauru, formação Caiuá, formado por sedimentos arenosos, que são mais suscetíveis à erosão e em áreas com maior declividade (Minerais do Paraná, 2001).

Os solos encontrados na APA do rio do Campo, categorizados em 1º nível, são os Argissolos e os Latossolos, que segundo Lumbreras *et al.*, (2015), são de grande potencial agrícola principalmente para o cultivo de lavouras temporárias.

5.2 Organização de Banco de Dados

Os dados sobre a APA do rio do Campo são de alta relevância, pois os fatores rede de drenagem, hipsometria, declividade, cobertura e uso do solo, tipos de solos e conflitos de uso de solo identificados e computados, auxiliam na análise sobre as possíveis causas e efeitos da degradação ambiental antrópica.

5.2.1 Caracterização Morfométrica da APA do rio do Campo

Segundo Teodoro *et al.* (2007, v. 20, p. 137-155) a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

A caracterização morfométrica é o procedimento metodológico que revela indicadores para análise ambiental de um local de interesse.

Para a caracterização da APA do rio do Campo foi criado um banco de dados no *software* QGIS, versão 3.36.0, com dados hidrográficos disponibilizados no *site* do Instituto Água e Terra – IAT (2022) disponível na escala de 1:250.000. Para a caracterização em termos fisiográficos, foram utilizados os dados e informações em material cartográfico, como o mapa de relevo adquirido a partir de imagens de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizadas pela *United States Geological Survey* – USGS (2022), que também foram adaptadas com a utilização do *software* QGIS, versão 3.36.0 (OSGeo, 2023).

A área da APA foi delimitada a partir do mapa de OTTO Bacias e a área de APP em rios e nascentes com a ferramenta *Buffer* do QGIS atendendo à legislação vigente, Lei Federal nº 12.651/12.

A hierarquização dos cursos d'água foi fundamentada na classificação proposta por Strahler (1957, v.38, n.6, p.913–920), na qual a ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia.

O mapa de relevo e elevação foi elaborado a partir de imagens de radar SRTM, disponibilizadas pela *United States Geological Survey* (2022) e adaptadas com a utilização do *software* QGIS.

As classes hipsométricas foram feitas com o ajuste de gradiente de nível de altitude, extrapolando a extremidade de menor ou maior nível de altitude para a melhor interpretação.

A hipsometria possibilita representar o relevo e a elevação de uma região por intermédio de uma escala de cores. Essas cores são chamadas de cores hipsométricas e apresentam um padrão de distribuição, sendo que as cores quentes representam grandes altitudes e as cores frias representam baixas altitudes. Desse modo, há uma maior eficácia em identificar processos geológicos e geomorfológicos em uma vertente (Bourscheid, 2013, p. 59).

O mapa de declividade foi elaborado a partir da aquisição de imagem do SRTM e com a utilização do *software* QGIS 3.36.0 foi possível importar a camada *Raster* e analisar o modelo digital de elevação, bem como a declividade em porcentagem. As classes de declividade adotadas neste trabalho seguiram as proposições de Santos *et al.*, (2018, p. 294).

O mapa de uso e cobertura do solo do Instituto de Água e Terra- IAT (2012) foi utilizado e reclassificado a partir dos dados da cartilha do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013), que trata da paleta de cores para cada tipo de uso e dos tipos de solo.

5.3 Cálculo da Perda de Solo por Erosão Hídrica

Para o cálculo da perda de solo por erosão hídrica na APA foi utilizada a equação *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), proposta por Renard *et al.*, (1997), (equação 1).

O fator da equação de perda de solo Erosividade da chuva (Fator R) foi calculada a partir de registros de precipitação de média mensal e anual dos últimos 20 anos obtidos no banco de dados do IAT e a correção das falhas foi feita através

do método de ponderação regional de Bertoni e Tucci (2002) e aplicadas na equação de Bertoni e Lombardi Netto (1990).

Para a erodibilidade do solo (Fator K), foram utilizados representativos agroecológicos do Paraná, que é o cálculo da taxa de perda do solo por unidade erosiva de chuva correlacionada com a textura do solo, que pode resultar em erodibilidade baixa, moderada ou alta.

Para a declividade e seu comprimento de rampa (Fator LS), foi feito uso do *plugin* Dautem e L.S Factor no *software* QGIS 3.36.0 (OSGeo, 2023).

O fator da prática de cultura variando de 0,001 a 1,0 (Fator C) foi definido por estimativa da relação de tipos de uso de solo em porcentagem e tamanho de área ocupada por cada um desses.

O fator de práticas contra erosão (Fator P) foi feito em relação ao uso predominante do solo, a declividade com as práticas de conservação do solo como a manutenção de curvas de nível, terraceamento e metodologia de plantio como o plantio direto.

A partir desses dados foi possível quantificar a perda anual de solo da microbacia hidrográfica, de APP de nascentes e margens de rios.

$$A = R.K.L.S.C.P. \quad (1)$$

Onde:

A: representa perda computada de solo por unidade de área, t/ha/ano;

R: A erosividade das chuvas mJ/ha/(mm/h) por ano;

K: A erodibilidade dos solos t/mJ/ha/(mm/h);

L: Comprimento do declive; S: grau do declive (adimensional);

C: Fator da prática de cultura variando de 0,001 a 1,0 (adimensional);

P: Fator de práticas contra erosão que varia de 0,3 a 1,0 (adimensional).

A entrega do sedimento erodido na bacia ao canal afluente é calculado por meio da equação *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Tal equação estima a fração de sedimento sólido que sai e que fica retida no local de estudo, como proposto por Williams e Berndt (1972) e Vanoni (1975), (equação 2).

$$\text{SDR} = 0,4724 / \text{Área}^{0,125} \quad (2)$$

5.4 Identificação de Conflitos de Uso de Solo em APP da APA do rio do Campo

O levantamento dos conflitos de usos de solo em áreas de nascentes e margens de rios foram feitos com o uso de dados disponibilizados no *site* do Instituto Água e Terra do Paraná (2023), *Google Earth* (2023) e a ferramenta *software* QGIS, versão 3.36.0 (OSGeo, 2023).

As áreas com vegetações suprimidas, uso e ocupação de solo em APP das nascentes e ao longo dos rios dentro da APA do rio do Campo foram identificados por meio de comparação de imagens da hidrografia do Paraná do ano de 2007, sobrepondo imagens do *Google Earth* do ano de 2022, ambos com projeção UTM e DATUM SIRGAS 2000, pelo qual se pode fazer análise de uso e ocupação do solo em áreas previstas para preservação da vegetação, conforme a Lei nº 12.651/12, Art. 3º, II (BRASIL 2012).

A delimitação de APP para identificação de conflito de uso e ocupação de solo em APP foi feita com a ferramenta *Buffer* do *software* QGIS, versão 3.36.0 (OSGeo, 2023).

As causas do uso e ocupação indevida de solo em APP da APA do rio do Campo foram identificadas por análise de imagens, pela qual pôde-se observar a ausência da vegetação e o tipo de uso de solo em áreas reservadas para proteção de rios e nascentes, e com estimativa dessas áreas degradadas, pode se calcular o aumento das partículas de solo carregadas para dentro dos corpos hídricos.

Neste estudo, o cálculo da área de conflito de uso de solo foi feito utilizando as camadas da rede de drenagem, imagens do *Google Earth* e a utilização da ferramenta *Buffer* para delimitar a área da APP, e por visualização foi criado polígonos em torno da área de conflitos, de forma manual, para dar maior precisão da estimativa de áreas degradadas e de resultados desta pesquisa.

5.4.1 Registro de Evidências de Conflitos de Uso de Solo em APP da APA

Foram realizadas saídas a campo com objetivo de registrar evidências de conflitos de uso de solo em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo, no período de três meses, entre setembro de 2022 a dezembro de 2022. Os registros dessas evidências foram realizados com a utilização do mapa de conflito, como um guia para chegar até os locais identificados e uma câmera fotográfica convencional para realizar os registros fotográficos.

O critério para a realização de registros fotográficos de áreas de conflitos de uso de solo em APP da APA do rio do Campo foi:

- Registrar os locais de conflitos de uso de solo de APP de rios e nascentes da APA, utilizando vias rurais públicas, sem adentrar em propriedades privadas.

5.5 Proposta de Reabilitação de APP da APA

A proposta para a reabilitação ambiental das APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo está na forma de um relatório técnico com objetivo, metas, procedimentos e orientações.

Para as áreas de APP de rios e nascentes identificadas como suprimidas, é proposto a aplicação de técnicas de terraceamento em fronteiras das APPs e área de uso de solo voltados para agropecuária, com referência da Lei nº 12.651/12, Art. 4º que trata das medidas de APP de nascentes que é de 50m de raio e 30m em margens dos rios com largura de 10m, na qual a APA do rio do Campo se enquadra, por ter rios menores que 10m de largura.

A metodologia da EMBRAPA para a reabilitação de áreas degradadas, adotada como referência deste trabalho, está fundada na teoria da sucessão vegetal. O uso de princípios teóricos da sucessão vegetal em ecossistemas degradados. Para Silva e Valcarcel (2024), constituem uma importante ferramenta para sua reabilitação, pois utiliza os próprios mecanismos de natureza local, induzindo o surgimento de novos estágios sucessionais da vegetação.

A metodologia adotada para a proposta de reabilitação das APP degradadas na APA do rio do Campo tem o propósito de potencializar as ocorrências das

interações ecológicas, a partir da técnica de manejo de nucleação indicado pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2023), a qual consiste em formação de ilhas e inserção de espécies vegetais pioneiras e nativas com capacidade de melhorar o ambiente, significativamente.

Ainda de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2023), o núcleo pode ser formado por meio de plantio de sementes ou mudas de espécies pioneiras, galharia, transposição de solo, de sementes e implantação de poleiros.

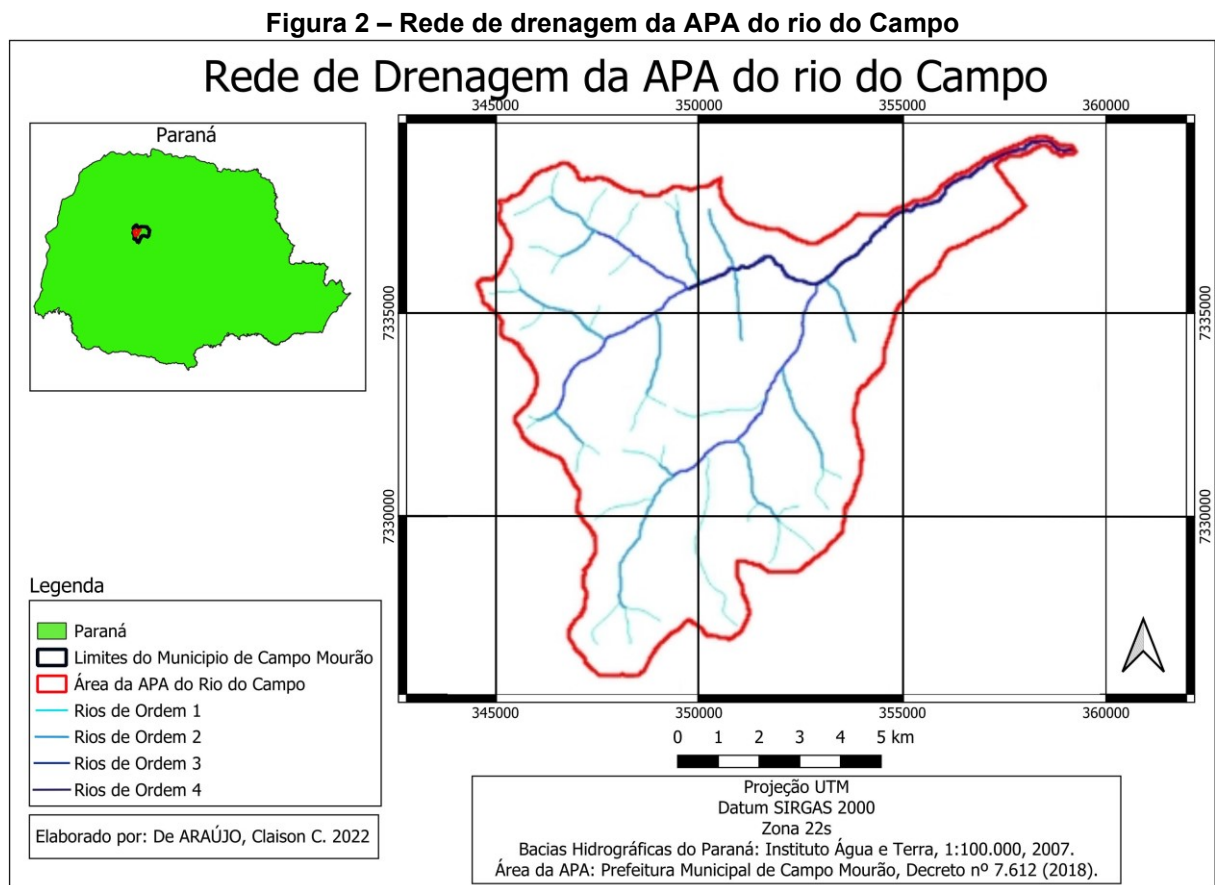
Seguindo as indicações da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2023), deve-se também fazer o controle das espécies competidoras como exóticas e exóticas invasoras que impedem a expansão dos núcleos, por competição natural.

O monitoramento também deve ser realizado e o resultado indicará a necessidade de ajustes ou reaplicação de métodos como a aplicação de formicida para o controle de formigas cortadeiras e seguir as orientações da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2023).

6 RESULTADOS

6.1 Rede de drenagem APA do rio do Campo

A rede de drenagem da APA do rio do Campo é composta por 124 km de comprimento (soma de todos os rios dentro da APA) e o rio principal tem 57,7 km (Figura 2). Vale ressaltar que a APA do rio do Campo não abrange toda a bacia hidrográfica, e a área urbana que fica próximo ao exutório, também não faz parte da APA.

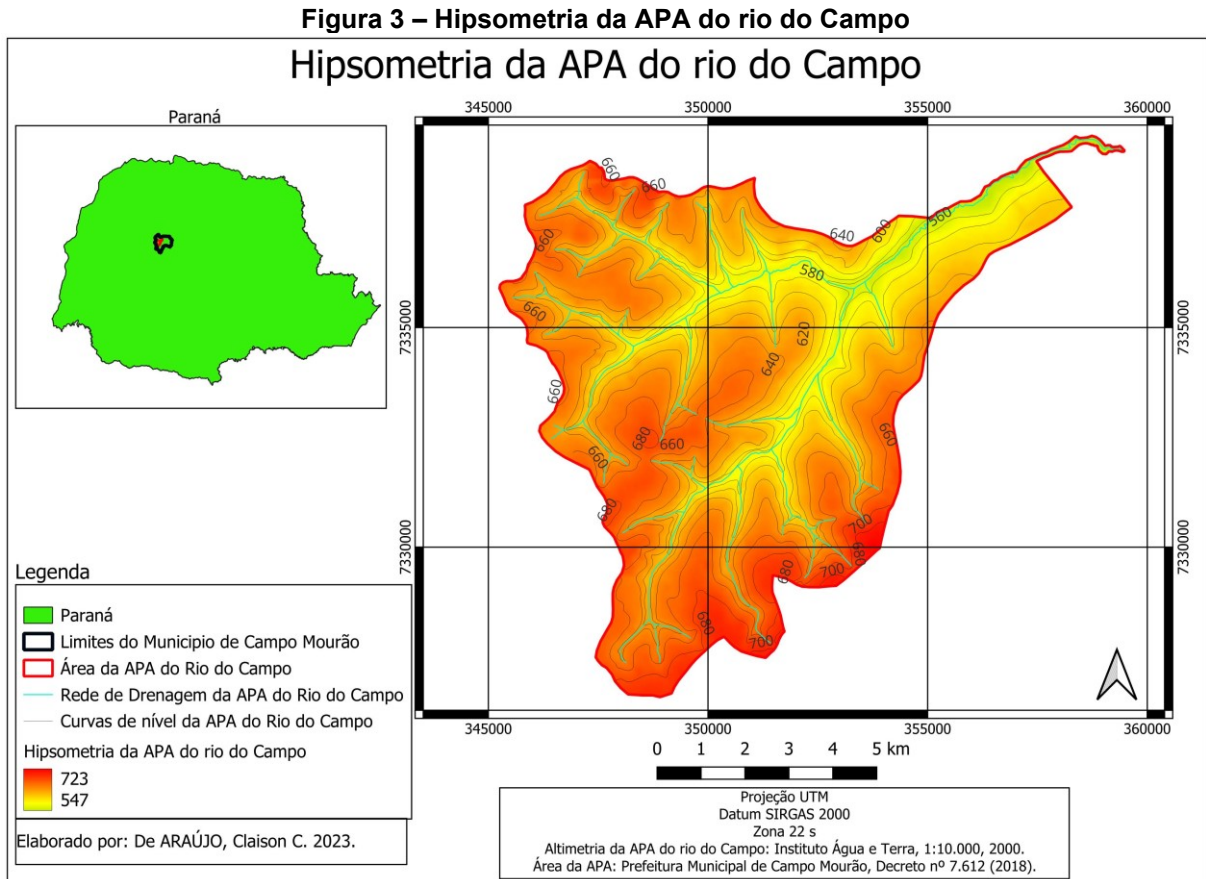


Fonte: Autoria própria (2022).

Os rios da área de estudo apresentam largura máxima de 10m, portanto as áreas de preservação permanente são de 30m no meio rural, previsto por Lei Federal nº 12.651/12, e na área urbanizada a metragem de APP também é de 30m, visto que o Plano Diretor da cidade de Campo Mourão não utiliza a Lei Federal nº 14.285/21, que permite a diminuição da APP de rios para 5m em área urbana.

6.2 Hipsometria da APA do rio do Campo

A partir da leitura do mapa foi possível verificar que as nascentes dos rios da APA ficam entre Noroeste e Sudoeste e escoam em direção a Nordeste, e a APA tem seus limites em área urbanizada do município de Campo Mourão (Figura 3).



Fonte: Autoria Própria (2023).

Dentro da área de estudo foram encontradas 10 classes hipsométricas, cada classe com gradiente de 20m, sendo a de maior altitude com gradiente de 3m, entre 720 e 723m e a de menor altitude com gradiente de 13m, entre 547 e a 560m.

6.3 Declividade da APA do rio do Campo

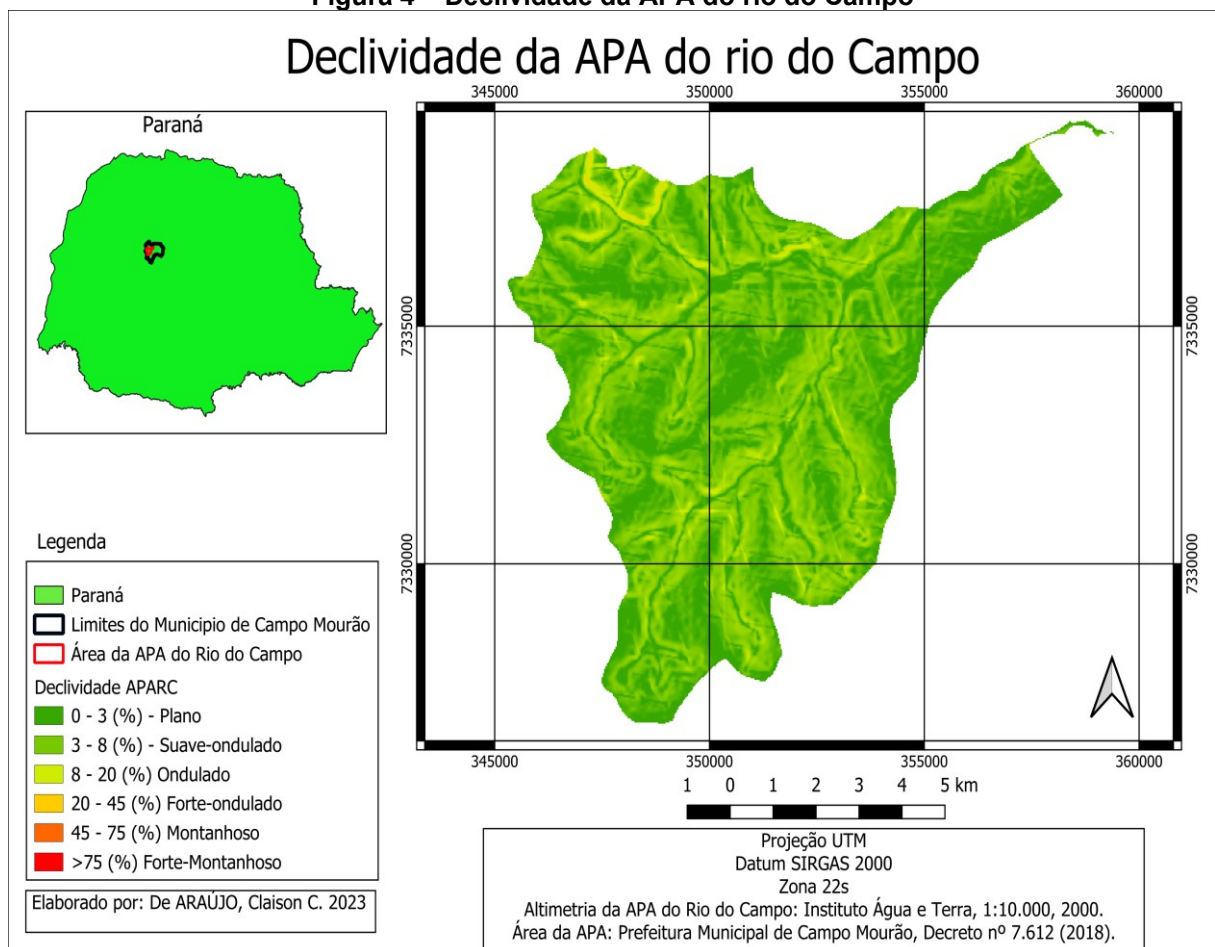
Segundo Florenzano (2008), a declividade está relacionada com a inclinação da superfície local de acordo com o plano horizontal e pode ser expressa em graus ou em porcentagens.

Analisando o mapa de declividade (Figura 4), há uma predominância da classe do relevo suave ondulado, correspondente à faixa de 3 a 8% de declividade.

A declividade está relacionada com a suscetibilidade de erosão do solo, mas não é um fator isolado para identificar o índice de vulnerabilidade geoambiental. Além da formação e grupos de solo existentes na APA, a cobertura do solo, o manejo do solo, a erosividade das chuvas e a erodibilidade dos solos podem elucidar as causas predominantes do carregamento de solo, do assoreamento, das perdas do solo da camada orgânica e dos possíveis desastres ocasionados pelo ser humano, especificamente, a ocupação de APP para uso agrícola em sua maior parte.

O fato é que a APA é caracterizada pelo uso intenso agrícola. Tal atividade ocupa aproximadamente 80% da área total da APA, portanto demanda práticas de manejo e de conservação do solo.

Figura 4 – Declividade da APA do rio do Campo



Fonte: Autoria Própria (2023).

6.4 Cobertura e uso do solo da APA do rio do Campo

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013, p. 17), o conhecimento sobre o uso da terra é importante pela necessidade de garantir sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais, econômicas e debates sobre o desenvolvimento sustentável.

O levantamento da Cobertura e do Uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2013, p. 36).

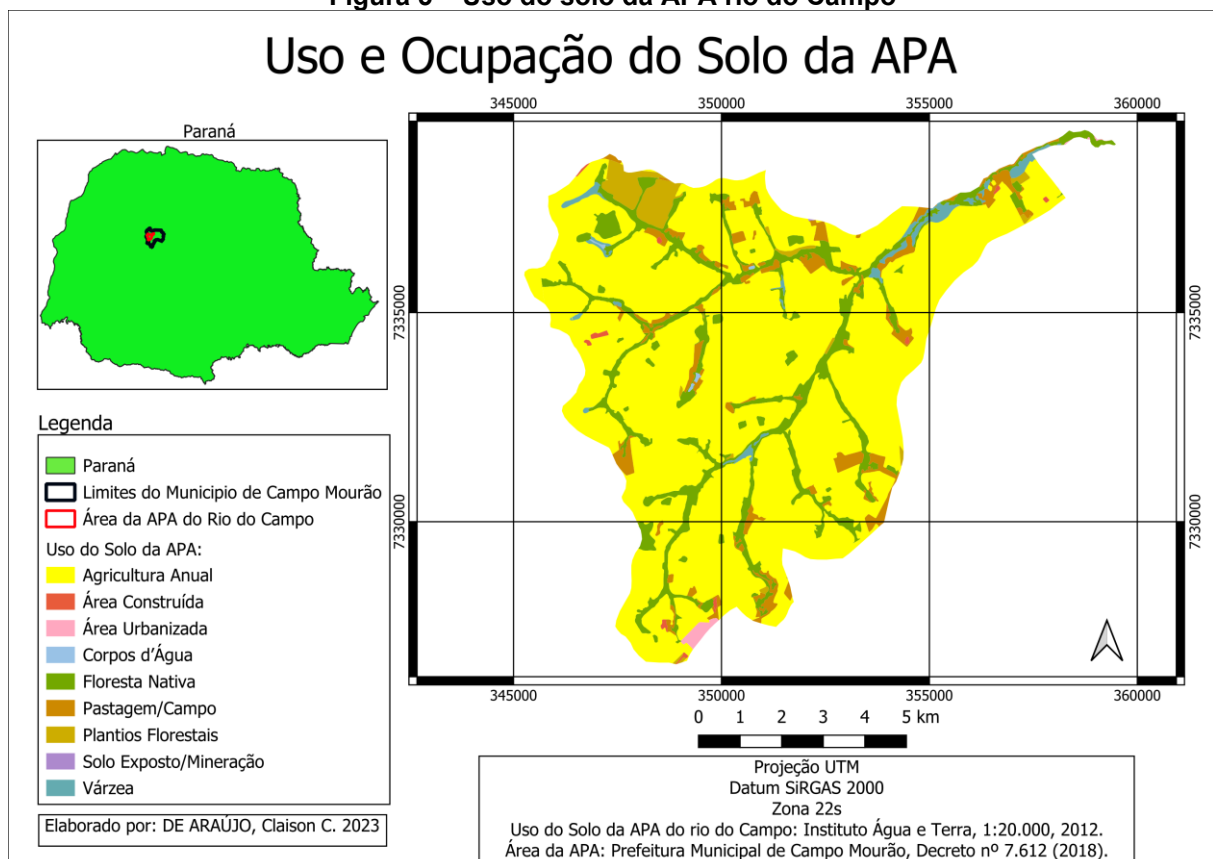
O solo pode ser ocupado naturalmente por cobertura vegetal florestal, corpos hídricos ou por intervenção humana com culturas permanentes, culturas temporárias, silvicultura, áreas alteradas como campestre, estrutura rural, pastagem, área urbana, vias e rodovias que no município em questão foram classificadas com base no Manual Técnico de Uso da Terra (Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística, 2013, p. 149):

- Cultura temporária: é o cultivo de plantas de curta ou média duração, geralmente com o ciclo vegetativo inferior a um ano, deixando o terreno disponível para um novo plantio após a produção.
- Cultura permanente: compreende o cultivo de plantas com um ciclo vegetativo de longa duração. Essas plantas produzem por vários anos sucessivos sem a necessidade de novos plantios após a colheita.
- Pastagem: é a área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais.
- Silvicultura: atividade ligada a ações de composição, trato e cultivo de povoamento florestal, assegurando proteção, estruturando e conservando a floresta como fornecedora de matéria-prima para a indústria madeireira, de papel e celulose ou para o consumo familiar, que ocorre na APA do rio do Campo.
- Florestal: considera-se como florestais as formações arbóreas com porte superior a 5 m, incluindo-se aí as fisionomias da Floresta Densa, da Floresta Estacional além da Floresta Ombrófila Mista.

- Campestre: entende-se como áreas campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso.
- Água: inclui em todas as classes de águas interiores e costeiras, como cursos de água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos de águas lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais de água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías.

O mapa de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal na área da APA do rio do Campo demonstra que a cultura anual-temporária ocupa 78,96% da área da APA; o mosaico de floresta nativa 9,11% e a área de pastagem-campo abrange 6,75% (Figura 5) e (Tabela 1). Estas compõem o setor agropecuário.

Figura 5 – Uso do solo da APA rio do Campo



Fonte: Autoria Própria (2023).

Tabela 1 – Área em hectare das classes de uso do solo da APA do rio do Campo.

Classes de Uso da Terra	% de Área	Área (ha)
Agricultura anual-temporária	79%	6.820
Área construída	0,40%	35
Área urbanizada	0,35%	30
Corpos d'água	0,10%	9
Floresta Nativa	9,11%	787
Pastagem-Campo	6,75%	583
Plantios Florestais	3%	257
Solo exposto-Mineração	0,01%	1,16
Várzea	1,35%	117

Fonte: Banco de Dados do Instituto de Água e Terra do Paraná (2023).

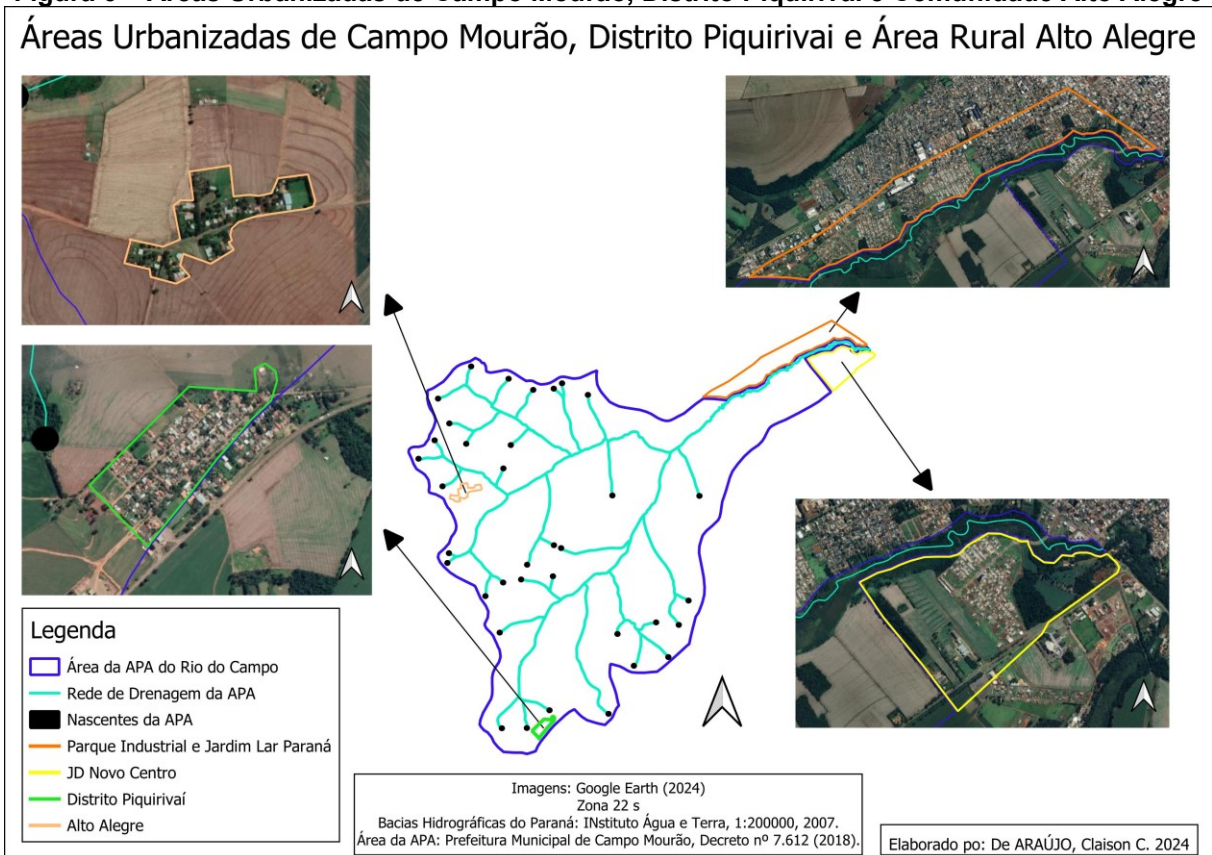
A área urbanizada existente na APA do rio do Campo corresponde a Piquirivaí, único distrito de Campo Mourão-PR, localizado ao sudoeste da unidade de conservação, próximo a três nascentes da bacia hidrográfica do rio do Campo, coordenadas geográficas 24°02'28" S e 52°22'52" W, 698m de altitude, Datum SIRGAS2000 (Figura 6).

O Distrito de Piquirivaí é dividido em dois grupos: área urbana com 537 habitantes, abastecida por uma das três nascentes e um poço tubular profundo, e a área rural com 659 habitantes que não faz abastecimento diretamente dessas nascentes, Mezzomo *et al.*, (2015).

A comunidade rural do Alto Alegre está localizada ao noroeste da APA, coordenadas 24°5'42.09"S e 52°30'18.54"O, com 659m de altitude, Datum SIRGAS 2000, com aproximadamente 50 famílias e suas atividades são voltadas para a agropecuária em maior parte (Figura 6).

A área urbana de Campo Mourão tem seus limites fronteiriços com a APA do rio do Campo em locais com menor altitude. Ao nordeste da APA, a área reservada e com instalações do parque industrial e bairros como Lar Paraná, Jardim Europa, Jardim Paulino, Jardim Damasco, Parque das Acácias, inclusive a estação de tratamento de água para o abastecimento público para o município, e do outro lado do rio do Campo, o Jardim Novo Centro, onde ocorre expansão urbana (Figura 6).

Figura 6 – Áreas Urbanizadas de Campo Mourão, Distrito Piquirivai e Comunidade Alto Alegre
Áreas Urbanizadas de Campo Mourão, Distrito Piquirivai e Área Rural Alto Alegre

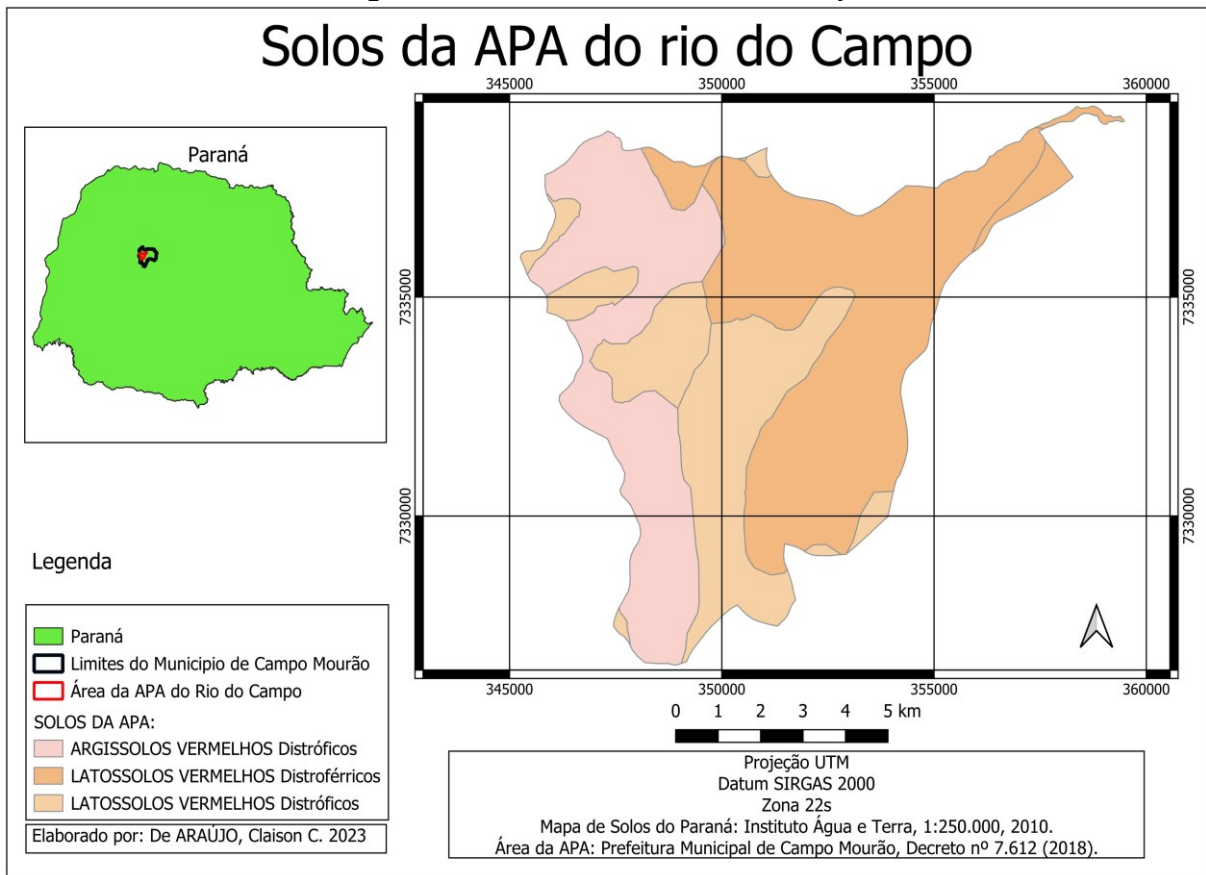


Fonte: Autoria Própria (2023).

6.5 Solos da microbacia da APA do rio do Campo

Os solos encontrados na APA do rio do Campo são Argissolos Vermelho Distróficos localizados nas partes mais altas da microbacia; Latossolos Vermelho Distróficos, na parte central para alto da microbacia e Latossolos Vermelho Distroféricos na parte central e baixa da APA, que se destaca por ter características de boa drenagem e composição com alto teor de Fe_2O_3 (Instituto Água E Terra, 2010), (Figura 7).

Figura 7 – Solos da APA do rio do Campo



Fonte: Autoria Própria (2023).

A maior representabilidade dos solos é de Latossolos Vermelhos Distroférricos, localizados na região central da APA do rio do Campo (Tabela 2).

Tabela 2 – Área dos solos da APA do rio do Campo, Campo Mourão, PR

1º nível categórico	2º, 3º Nível Categórico	Área ha	% de Área
ARGISSOLOS	VERMELHOS Distróficos	2.343	27
LATOSSOLOS	VERMELHOS Distroférricos	4.042	47
LATOSSOLOS	VERMELHOS Distróficos	2.251	26

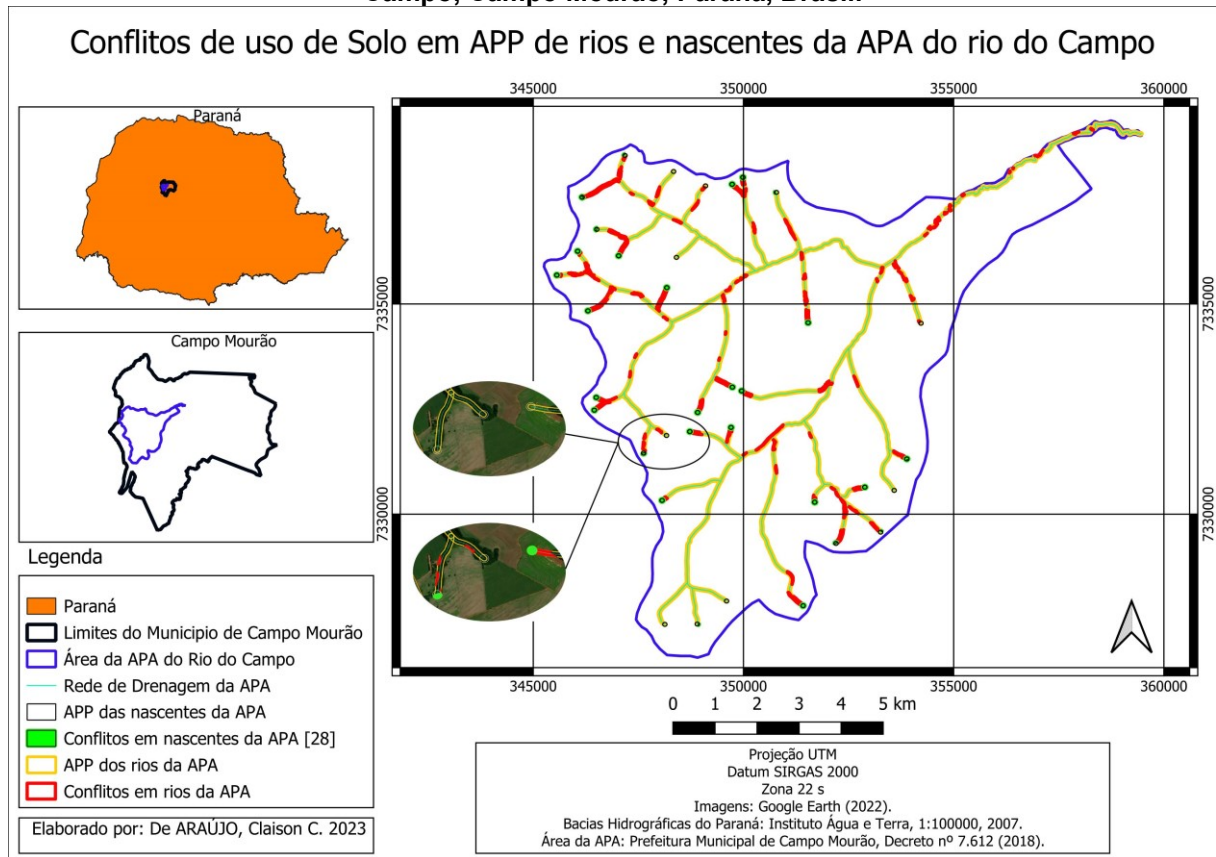
Fonte: Autoria Própria (2023).

6.6 Identificação de conflitos de solo em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo

A APA do rio do Campo tem 36 nascentes de rios e 32 dessas nascentes apresentam APP suprimidas e ocupadas para o uso agrícola. A soma dessas áreas,

com a ocupação indevida em nascentes de rios totaliza 17,48 ha (Figura 8) e (Tabela 3).

Figura 8 – Identificação das áreas de conflitos em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Tabela 3 – Ocorrência de conflito de uso de solo em APP das nascentes dos rios da APA.

Nº de Nascentes	Ocorrência de conflitos de uso de solo	Σ de área de nascentes da APA	Σ da área de conflito de uso de solo da APP	% de APP efetiva
36	32	28,3 ha	17,5 ha	38%

Fonte: Autoria Própria (2023).

As margens dos afluentes do rio do Campo, incluindo o rio principal, apresentaram 114 ocorrências de supressão florestal e de uso agrícola em APP. Dessas ocorrências, 41 consistem em sobreposição da agricultura em APP e 73 por supressão florestal. A soma das áreas de APP degradadas e com a ocupação inadequada em bordas de rios da APA, totaliza 58 ha (Tabela 4).

Tabela 4 – Ocorrências de conflito de uso de solo em APP das margens dos rios da APA.

Nº Ocorrência de conflito de uso de solo	Σ da APP dos rios da APA (prevista por Lei)	Σ da área conflito de uso de solo da APA	% de APP efetiva
114	343 ha	58 ha	83 %

Fonte: Autoria Própria (2023).

A maioria dos conflitos de uso de solo em APP de nascentes (Tabela 3) e de rios (Tabela 4), estão fora da visão de alcance em vias rurais para realizar o registro de evidências, mas foi possível identificar a partir do geoprocessamento de dados.

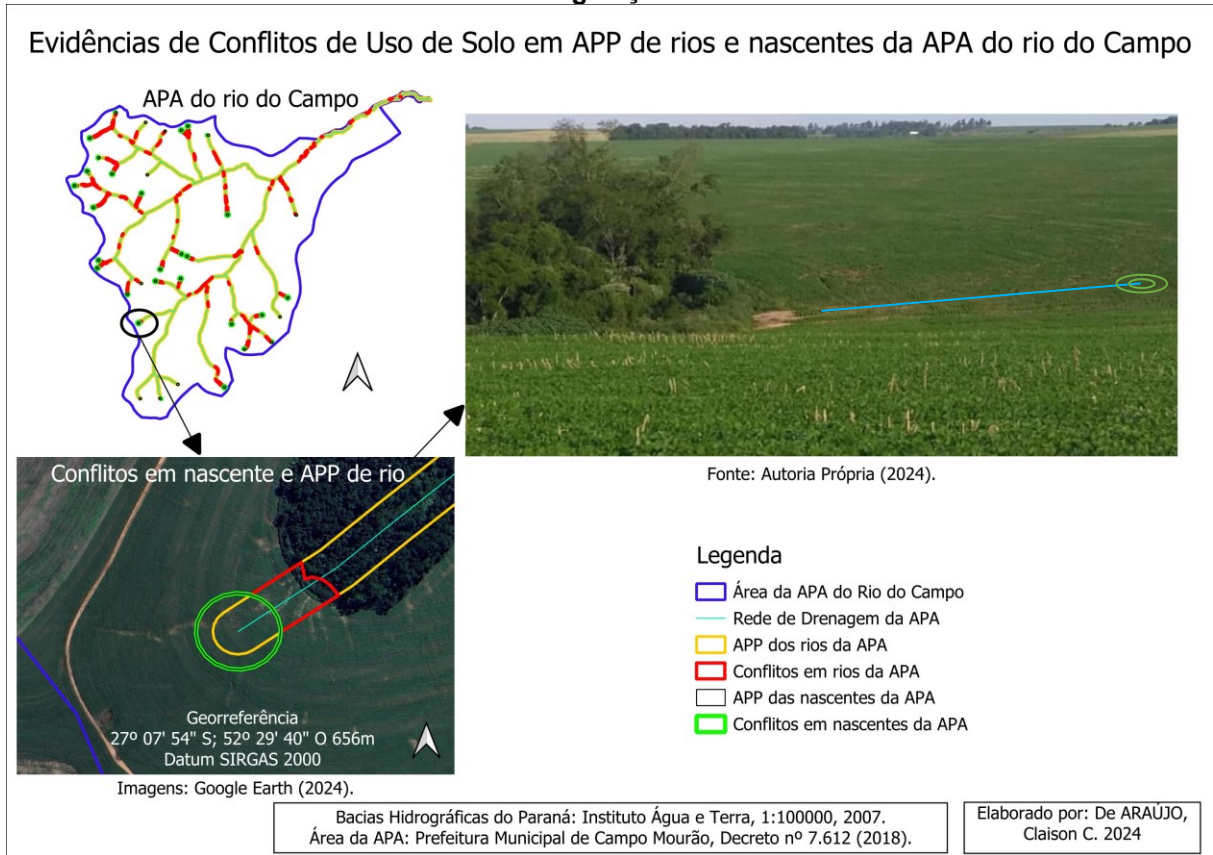
A fragmentação de Áreas de Preservação Permanente e o uso do solo com atividades agropecuárias nestas áreas podem comprometer a quantidade e qualidade de água para o consumo humano.

A degradação ambiental em APP da APA do rio do Campo ocorre com a ocupação e uso do solo para a expansão de áreas agrícolas. O uso e a ocupação do solo em APP geram consequências como a erosão, transporte de sedimentos, poluição e contaminação dos corpos hídricos, diminuição da vida aquática, fauna, flora, diminuição da qualidade da vida humana e diminuição da rede de drenagem.

6.7 Registro de Evidências de Conflito de uso de solo em nascentes e APP de rios da APA do rio do Campo.

O registro de evidências que apresentou a maior quantidade de informações foi após o plantio do soja, na qual foi possível visualizar a degradação do solo com o aparecimento de ravinas e carregamento de partículas de solo para o corpo hídrico, além da ocupação da área do rio, da nascente e respectivas APP para atividades econômicas como a agricultura e a supressão vegetal (Figura 9).

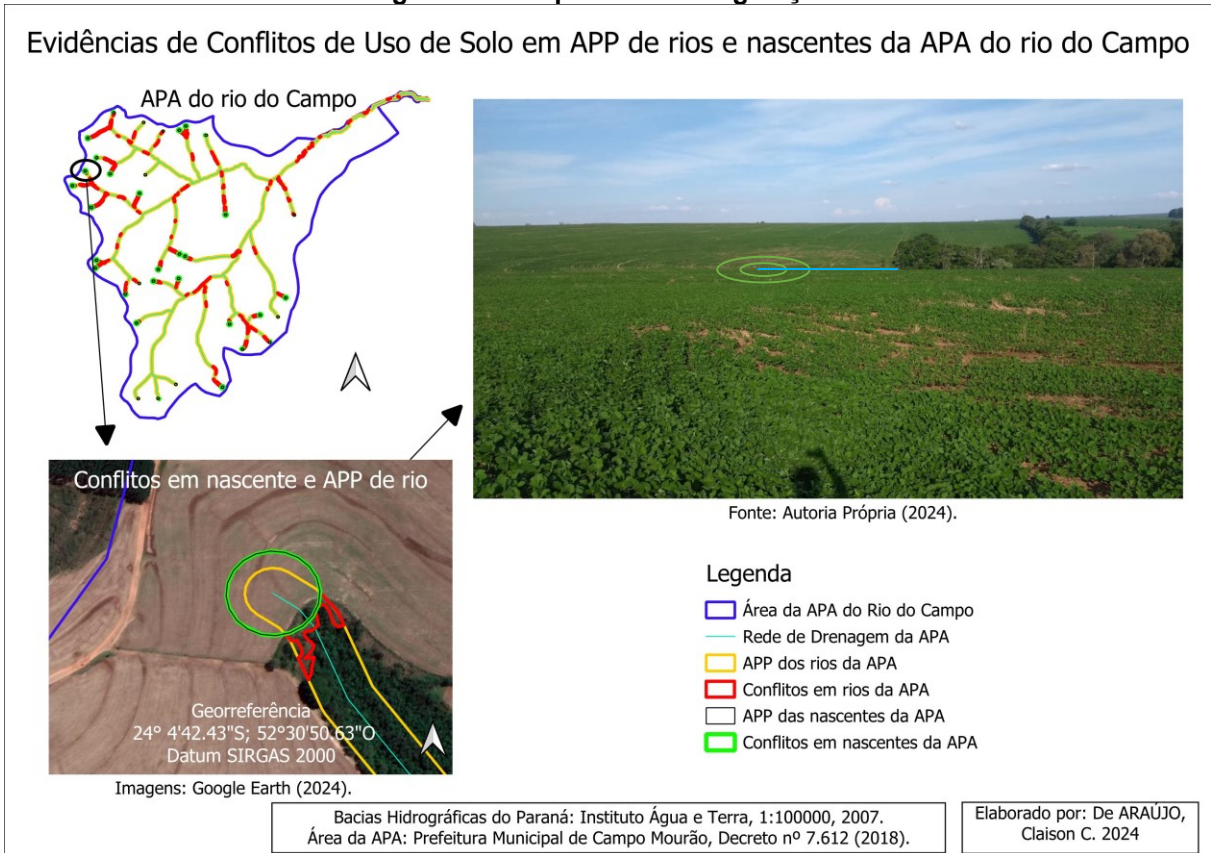
Figura 9 – Conflito entre APP e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.



Fonte: Autoria Própria (2024).

O segundo ponto em conflito de uso de solo apresenta área de nascente de rio e APP ocupadas com o plantio de soja, e com a imagem de satélite é possível observar uma ravina e ocorrência de supressão vegetal, como evidências de degradação ambiental (Figura 10).

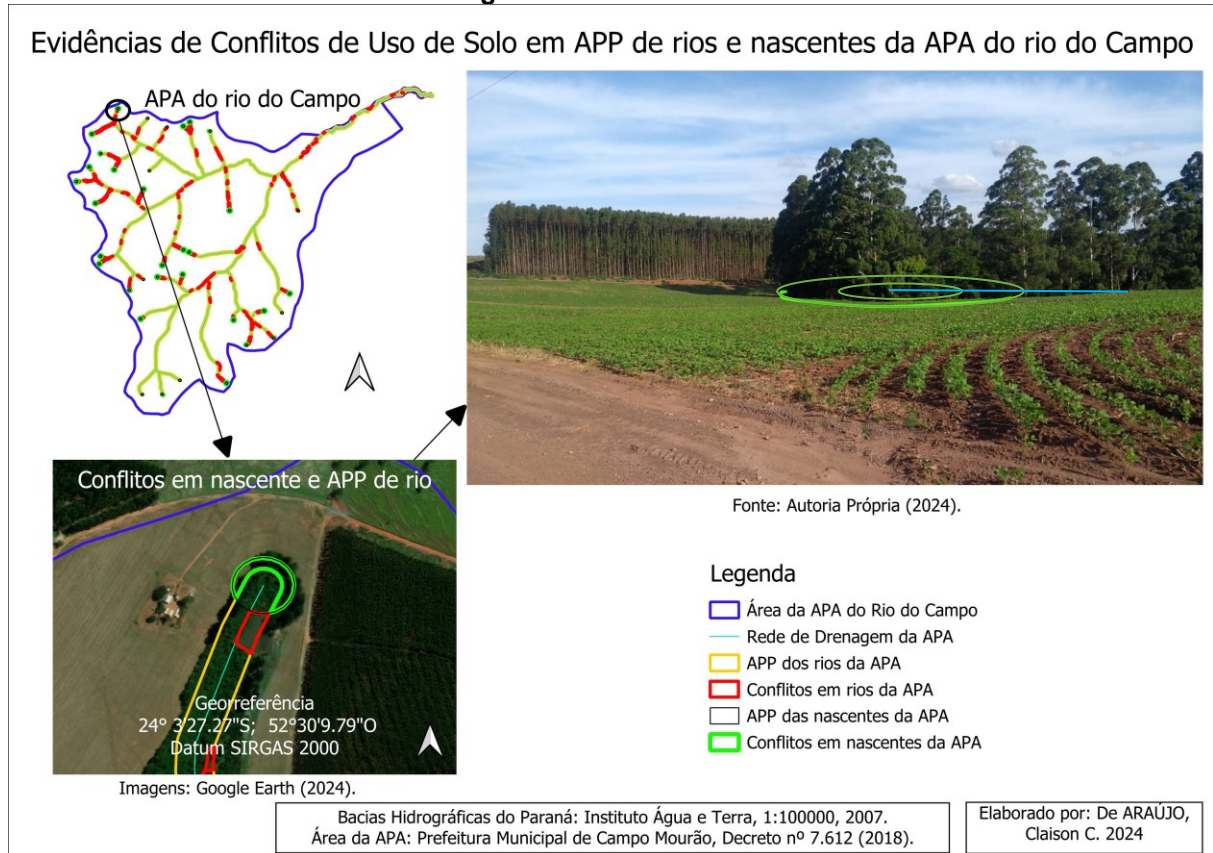
Figura 10 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.



Fonte: Aatoria Própria (2024).

O terceiro ponto encontrado com ponto de visão em estrada rural apresenta o plantio de eucaliptos e uso do solo para atividades agrícolas em área de APP de nascente de rio, além da supressão vegetal (Figura 11).

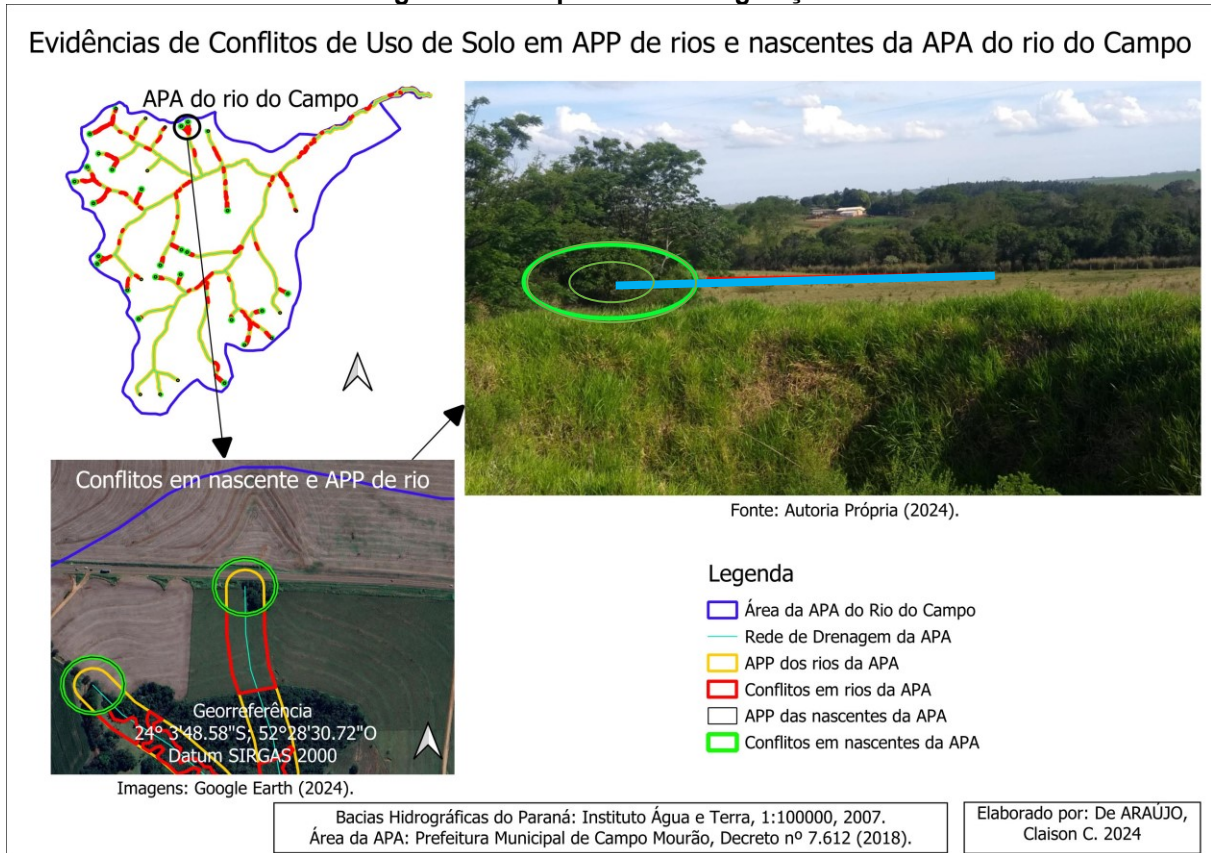
Figura 11 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e silvicultura.



Fonte: Aatoria Própria (2024).

Em outro ponto encontrado em conflito ocorre uso de solo em áreas de nascente, rio e APP com a ocupação parcial voltada para a agricultura outra parte é ocupada pela rodovia BR 272, Km 375 e há ocorrência de supressão de vegetação parcial em APP de nascentes e rio e supressão parcial superficial de rio (Figura 12).

Figura 12 – Conflito entre área de preservação permanente e uso do solo com atividades agrícolas e supressão da vegetação.



Fonte: Aatoria Própria (2024).

Esses resultados apresentados acima foram obtidos em quatro pontos distintos e acessíveis por via pública, e representam a maioria dos conflitos encontrados em nascentes e rio abaixo da nascente, sentido o escoamento da água. Esses conflitos podem afetar as águas em termos de qualidade e quantidade, visto que o rio foi suprimido junto com a vegetação.

Os trechos de rios e áreas de nascentes, além das APPs da APA do rio do Campo foram degradadas parcialmente e em outros locais, suprimidas. É evidente que em locais onde não há rios e nascentes visíveis na superfície, não há fundamento para que haja APP. Os rios e suas nascentes degradadas têm interferência antrópica e a sugestão é recolocar os rios e nascentes em seus locais geográficos de origem, anteriormente registradas em *Shapes* disponibilizadas pelo IAT, a partir da reabilitação das áreas em conflito.

O uso e a ocupação de solo para atividades agrícolas e estradas em APPs, conforme visto na figura 12 podem resultar em degradação ambiental como o assoreamento dos rios, a perda de indivíduos da flora, da fauna, consequentemente

as interações ecológicas, além da contaminação das águas e a perda da vida aquática.

É necessário aplicar medidas conservacionistas e métodos de reabilitação de APPs de rios e nascentes da APA do rio do Campo, porque as APPs têm a função de minimizar o escoamento de sedimentos, carga de poluentes e contaminação, subsídios prestados a fauna e a proteção dos recursos hídricos.

O exemplo da Lei municipal nº 2436/2003 que trata da criação de APA do Ribeirão Araras, em Paranavaí-PR pode ser replicada no município de Campo Mourão ou inserir texto semelhante no plano de manejo da APA do rio do Campo.

A reabilitação de APPs em situação de conflito de uso de solo, com aplicação da metodologia da EMBRAPA, com referência na teoria da sucessão vegetal pode ser a melhor opção, porque essa teoria tem como referência o restabelecimento da vegetação por sucessão florestal que permite ocorrência de novas espécies na área de recuperação, favorecendo a biodiversidade.

6.8 Cálculo da perda de solo por erosão hídrica

A aplicação da equação *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) de Renard *et al.*, (1997), foi utilizada para o cálculo da perda de solo por erosão hídrica, (Equação 1).

Resolvendo a equação RUSLE.

$$A = R.K.L.S.C.P. \quad (1)$$

Dados:

A: t/ha/ano;

R: 10430 mJ/ha/(mm/h) por ano;

K: 0,10 t/mJ/ha/(mm/h);

LS: $0,00984 * (3,25^{1,18}) * (20^{0,63}) = 0,26$;

C: 0,080;

P: 0,5

$$A = 10430 * 0,10 * 0,26 * 0,080 * 0,5.$$

$$\underline{A = 10,84 \text{ t/ha/ano}}$$

Foi possível estimar a quantidade de sedimentos carregados para dentro de corpos hídricos e para fora da bacia hidrográfica, mas também é possível estimar as perdas financeiras, por causa da falta de um plano de manejo delineado e investimentos para a preservação de APP, e possivelmente estimar valores para a reabilitação de APP encontradas em conflitos de uso de solo, como uma forma de remediar os danos ambientais aos recursos hídricos e prevenção frente a vulnerabilidade hídrica.

A quantidade dos sedimentos que escoam para dentro dos corpos hídricos, pode inviabilizar o abastecimento público da cidade de Campo Mourão, por assoreamento, poluição e contaminação das águas que são servidas para diversos usos, enfatizando o uso das águas para o consumo humano

Na pesquisa de Souza e Paula (2019), teve como resultado a média de 15,80 ton/ha/ano de solo perdidos na bacia hidrográfica do rio Coreaú, no estado do Ceará, próximo de Fortaleza, e neste trabalho, a APA do rio do Campo, no Estado do Paraná, a estimativa de perda de solo resultou em 10,84 t/ha/ano.

A comparação dos resultados da equação RUSLE e SDR deste trabalho com outros trabalhos podem não ser precisos devido aos fatores distintos, como o tamanho da área de cultivo; área de pastagem; área de floresta nativa, entre outros usos e ocupação do solo, a erosividade das chuvas, a erodibilidade dos solos, o comprimento do declive da rampa, o grau do declive da rampa, fator de práticas contra erosão, tipo de solo, fator da prática de cultura, além da falta de práticas conservacionistas e como agravante, o uso e ocupação do solo em APPs. A forma mais adequada para comparação de estimativa de perda de solo é aplicação contínua da equação de RUSLE na mesma área de estudo ao longo dos anos, para identificar o risco de vulnerabilidade hídrica e identificar a causa da degradação ambiental em corpos hídricos.

6.8.1 Equação da Taxa de Entrega de Sedimentos

Aplicação da equação *Sediment Delivery Ratio* (SDR) de VANONI (1975), foi utilizada para calcular a fração de sólidos que sai de determinada área, que neste estudo é a microbacia hidrográfica da APA do rio do Campo (Equação 2).

$$\text{SDR} = 0,4724 / \text{Área}^{0,125} \quad (2)$$

Resolvendo a equação SDR.

Dados:

Área da bacia: 86,36 Km²

$$\text{SDR} = 0,4724 / 86,36^{0,125}$$

$$\text{SDR} = 0,2705$$

Note que $1 - 0,2705 = 0,7295$, isso significa que 72,95% dos sedimentos movimentados ficam retidos na APA do rio do Campo bacia.

Se $A = 10,84 \text{ t/ha/ano} * 0,2705 = 2.932 \text{ t/ha/ano}$ de sedimentos escoam para fora da APA do rio do Campo.

A área da APA é de 8636 ha, logo temos:

$2.932 \text{ ton} * 8636 \text{ ha} = 25.320,75 \text{ t/APA do rio do Campo/ano}$ é o total de sedimentos que escoam para fora da APA do rio do Campo.

Os sedimentos perdidos da APA do rio do Campo são correspondentes a uma fração do total dos sedimentos gerados na bacia hidrográfica, calculado com base na taxa de entrega de sedimentos, na qual $93.676,42 * 0,2705 = 25.339,47 \text{ t/ano}$ de sedimentos que a APA do rio do Campo perde.

O carreamento de solo para dentro dos corpos hídricos superficiais pode estar carregado de fertilizantes e agrotóxicos, sendo este um problema que afeta a vida aquática e conseqüentemente pode poluir e contaminar as águas da APA do rio do Campo.

Comparando com os estudos de Souza e Paula (2019), os resultados dos solos que ficam retidos na bacia, e solos perdidos na bacia hidrográfica do rio Coreaú, foram 5.560 ton/ha/ano, e 5.860,240 t/bacia hidrográfica do rio Coreaú.

Calculando somente por proporção de área, temos a área da bacia hidrográfica do rio Coreaú 8,19 vezes maior que a APA do rio do Campo, e os sedimentos perdidos é 4,55 vezes menor que os sedimentos perdidos na área da APA do rio do Campo. Então, a proporção da perda de solo escoado em pelas águas dos rios da APA do rio do Campo é aproximadamente 3,5 vezes menor que a perda de solo da bacia do rio Coreaú.

7 PLANO DE REABILITAÇÃO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A área em conflito de uso de solo escolhida como exemplo para aplicação de plano de reabilitação da APA do rio do Campo, fica próximo do Distrito Piquirivaí, coordenadas geográficas 27° 07' 54" S; 52° 29' 40" O, altitude de 656m, Datum SIRGAS 2000.

7.1 Terraceamento em bordas de APPs de rios e nascentes

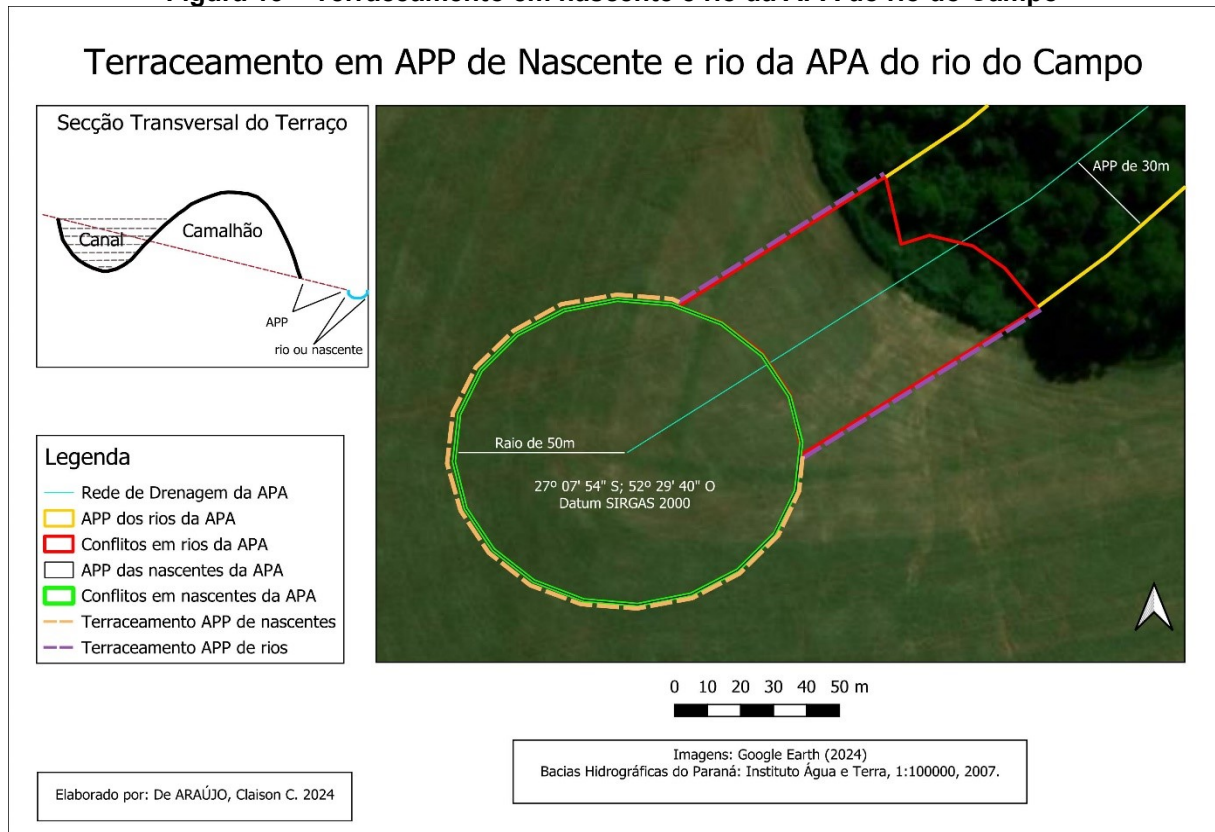
Para conter os sedimentos que escoam em direção as nascentes e rios, podem ser inseridas curvas de nível ou terraceamento em bordas de APPs, visto que as APPs de nascentes tem forma arredondada e a inserção de terraceamento é a forma mais adequada para os limites fronteiraços da APP, a fim de gerar condições para a reabilitação das nascentes, e em rios pode ser feito o terraceamento ou curvas de nível, dependendo da avaliação técnica em campo.

Segundo Wadt (2003), os terraços agrícolas podem ser de retenção e escoamento. A inserção de terraceamento nas fronteiras das APPs, servirá para reter os sedimentos e desviar o escoamento superficial para as curvas de nível existentes nas áreas adjacentes da APP.

Segundo Gonçalves (2020), dentre outros benefícios do terraceamento estão: redução da vazão de pico dos cursos d'água e aumento da recarga de água do lençol freático; amenização da topografia, melhoria das condições de mecanização das áreas agrícolas; melhor programação de plantio e colheita.

Portanto, sugere-se a criação de um sistema de terraceamento em limites das APP de nascentes que é de 50m de raio, e em rios, com largura de 30m, com referência no mapa de rede de drenagem disponibilizadas pelo IAT no ano de 2007 (Figura 13).

Figura 13 – Terraceamento em nascente e rio da APA do rio do Campo



Fonte: Autoria Própria (2024).

De fato, o terraceamento, quando convenientemente utilizado, é eficaz no controle de 70% das perdas de solo (Mondardo *et al.*, 1977).

Após a criação do sistema de terraceamento em APP de nascentes e trechos de rios, sugere-se a retirada do cultivo em locais de APP, antes da inserção de mudas de plantas nativas.

7.2 Práticas antes do Plantio de Mudanças

Técnicas devem ser adotadas antes do plantio de mudas para que as mesmas não encontrem dificuldades no seu crescimento, como a falta de nutrientes no solo. No primeiro momento, deve ser feita a roçada de gramíneas e corte de plantas indesejadas, quando se julgar necessário.

7.3 Controle de Plantas Exóticas Invasoras

São denominadas exóticas invasoras as espécies originadas de outras regiões em ecossistemas naturais ou manejados pelo ser humano, que se alastram de forma a dominar o novo ambiente e causam danos às espécies originais e ao funcionamento dos ecossistemas, causando muitas vezes que espécies nativas alcancem a extinção (Pivello, 2011). As espécies arbóreas que se comportam como exóticas invasoras devem ser identificadas, inventariadas e retiradas do local de reabilitação de APP degradadas.

7.4 Controles de Pragas

Segundo a Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuárias (2023), os danos causados por formigas cortadeiras também podem comprometer a estratégia de reabilitação, em especial devido aos danos causados às plantas jovens da regeneração natural ou mesmo de plantios. O monitoramento periódico das formigas deve ser feito continuamente. O controle deve começar quando atingem o nível de dano ou logo após a limpeza e preparo da área, pelo menos 30 dias antes do plantio. Os tipos mais comuns de formigas cortadeiras são as saúvas (*Atta spp*) e as quenquéns (*Acromyrmex spp*). O controle contempla a) identificação e marcação de carreadores e olheiros, b) aplicação dos produtos mais adequados e c) o monitoramento do retorno. Entre os produtos disponíveis podem ser citados a) iscas granuladas, as quais podem ser distribuídas ao longo dos carreadores, em porta-iscas para evitar o seu umedecimento, ou mesmo na forma de sachês; b) formicidas em pó seco ou via úmida; ou c) termonebulização. Cada método de controle prevê o uso de princípios ativos e equipamentos diferentes e requer que sejam considerados o uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPI) e as recomendações do fabricante. Em sistemas agroflorestais ou em áreas onde há restrições ao uso de agrotóxicos, recomenda-se o uso de formulações à base de produtos naturais como, por exemplo, à base de gergelim ou mamona.

7.5 Tratos culturais

O coveamento será feito de forma manual, segundo Lima e Alves (2023) o dimensionamento ideal das covas para mudas entre 1,0 Kg e 1,5 Kg é 40x40x40 cm, mas por ser uma área de solo compactado os mesmos autores recomendam um tamanho maior, portanto será adotado dimensões de 40x40x60 cm para as covas. A adubação das mudas será feita por meio do uso de compostagem, pois é rico em substâncias húmicas e nutriente mineral para as mudas.

Após o plantio, será feito o coroamento de 60 cm de diâmetro em torno das mudas, que consiste na capina manual com enxada para eliminação de plantas indesejáveis ao redor de suas raízes, com o objetivo de reduzir a competição por água e nutrientes, favorecendo o crescimento da mesma. Ao perímetro desse coroamento haverá uma pequena elevação ao solo de aproximadamente 10 cm de altura para auxiliar no acúmulo de água para as mudas.

A irrigação das mudas será por meio da técnica de gotejamento, que consiste em distribuir a água através de tubos de pequeno diâmetro, a qual é aplicada de forma pontual diretamente na zona das raízes das plantas.

7.6 Técnica de Nucleação

Sugere-se também, inserir o plano de reabilitação de APP degradada com técnicas nucleadoras, como plantio de mudas, galharias, transposição de solo, se necessário, implantação de poleiros, conforme proposto pela EMBRAPA (2023).

A técnica de nucleação consiste na formação de núcleos de vegetação, onde é recuperada apenas uma parte da área, com visão sucessional do local, buscando espécies que tragam um maior número de interações entre os seres vivos naquele ambiente, atraindo espécies da fauna, macrofauna, microrganismos, entre outros, que interagem entre si e com a flora, propiciando a polinização, dispersão e chuva de sementes na região. Para isso são utilizadas técnicas nucleadoras, como plantio de mudas, galharias, transposição de solo, implantação de poleiros, podendo também manejar vários ao mesmo tempo no local, para atrair mais espécies (EMBRAPA, 2023). Dessa forma os fragmentos podem se expandir naturalmente, passando por suas fases de sucessão.

A atração da fauna é fundamental para que a nucleação tenha sucesso, quanto maior o número de interações fauna-flora, melhor. Um exemplo que representa muito bem a reabilitação de áreas degradadas são as aves, com capacidade de locomoção rápida conseguem percorrer longos trajetos em pouco tempo, assim, dispersam sementes a grandes distâncias da planta-mãe (Machado, E. L. M. *et al.*, 2006).

7.7 Espécies de plantas escolhidas como exemplo para reabilitação de área degradada

A escolha de espécies vegetais pode ser definida conforme a localização de cada área de conflito e respectiva formação florestal, visto que há diferentes fitofisionomias encontradas na APA do rio do Campo, e apresenta suas fronteiras estabelecidas por nível de altitude, conforme orientado por Roderjan, *et al.*, (2002, n. 24, p. 75-92).

O plantio das espécies nativas pode ser feito com o espaçamento definido e preferencialmente implantados em áreas com melhor estratégia para atração de fauna e dispersores para as espécies de interesse, a fim da dispersão de sementes na área a ser reabilitada.

É fundamental inserir espécies da formação Florestal Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, e as espécies sugeridas têm como critério, as espécies que melhor catalisam o processo de recuperação de áreas degradadas, trazendo benefícios econômicos ambientais não só na área diretamente afetada, bem como em áreas adjacentes.

As espécies escolhidas como exemplo para reabilitação de áreas degradadas e suas respectivas formações florestais, interações com a fauna e espaçamento entre elas para reabilitação das áreas degradadas estão descritas na tabela 5. As espécies citadas como *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) pode ser inserida em áreas úmidas, apresenta uma elevada produção de frutos e tem interações com diversos frugívoros; *Inga vera* Willd. (Fabaceae), conhecida popularmente por Ingá do Brejo, se desenvolve em solos úmidos e a espécie se destaca na época de floração, segundo Nishida, Naide e Pagnin (2014): *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), também chamada de pitanga, atrai dispersores frugívoros:

Plinia rivularis (Cambess.) Rotman. (Myrtaceae), que recebe o nome popular de Cambucá Peixoto, Jabuticaba de cacho e Piuna, atrai polinizadores e dispersores; *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae) e *Cecropia glaziovii* Sneathl., são ótimas cobridoras de clareiras nesta formação florestal, têm crescimento rápido, fixam nitrogênio, sendo que a primeira é associada em qualquer tipo de área degradada podendo ser inserida em áreas secas e úmidas (Nishida, Naide e Pagnin 2014).

Tabela 5 – Espécies exemplares e respectivas formações florestais; Espaçamento para o plantio e interações com a fauna para Reabilitação de área degradada

(Continua)

Flora Família/Espécie	Formação florestal	Espaçamento	Interação com a Fauna Família/Espécie
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman (Areacaceae)	FOM e FESD	3x3	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Dasyprocta aura</i>. Cope, 1889 (Cutia); - <i>Cerdocyon thous</i>(Linnaeus, 1766) Graxaim; - <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782); - <i>Ramphastos dicolorus</i> Linnaeus, 1766 (Tucano-de-bico-verde); - <i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1889) (Araçari-poca); - <i>Pteroglossus castanotis</i> Gould, 1834 (Araçari-castanho); - <i>Pionus maximiliani</i> (Kuhl, 1917) (Maitaca-verde).
<i>Inga vera</i> Willd. (Fabaceae)	FESD	6x6	<ul style="list-style-type: none"> - Abelhas; - Borboletas; - Beija-flores; - Cambacicas; - Periquitos; - Maritacas.
<i>Eugenia uniflora</i> L. (Myrtaceae),	FOM e FESD	6x6	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823), (Sabiá do campo); - <i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766), (Sanhaço)
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman. (Myrtaceae)	FOM e FESD	5x5	<ul style="list-style-type: none"> - Abelhas; - Insetos; - <i>Penelope superciliaris</i> Temminck, 1815, (Jacupemba); - <i>Penelope obscura</i> Temminck, 1815; - <i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823), (Sabiá do campo); - <i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766), (Sanhaço);

Tabela 5 Conclusão

<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman. (Myrtaceae)	FOM e FESD	5x5	- <i>Turdus subalaris</i> (Seebohm, 1887), (Sabiá-ferreiro); - <i>Tangara preciosa</i> (Cabanis, 1850); - <i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Pteroglossus bailloni</i> (Vieillot, 1819), (Araçari Banana); - <i>Pteroglossus castanotis</i> Gould, 1834, (Araçari Castanho); - <i>Ramphastos dicolorus</i> Linnaeus, 1766, (Tucano do Bico Verde); - <i>Trogon surrucura</i> Vieillot, 1817, (<i>Surucuá Variado</i>);
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl. (Urticaceae)	FOM e FESD	5x5	- <i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Tangara preciosa</i> (Cabanis, 1850); - <i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850); - <i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818); - <i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818); - <i>Turdus subalaris</i> (Seebohm, 1887); - <i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824); - <i>Pteroglossus bailloni</i> (Vieillot, 1819) - <i>Pteroglossus castanotis</i> (Gould, 1834); - <i>Ramphastos dicolorus</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1823); - <i>Saltator similis</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837); - <i>Celeus flavescens</i> (Gmelin, 1788); - <i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788); - <i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Melanerpes flavifrons</i> (Vieillot, 1818); - <i>Trogon surrucura</i> (Vieillot, 1817); - <i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758).
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul (Urticaceae)	FOM e FESD	5x5	- <i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823); - <i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766); - <i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823); - <i>Pteoglossus inscriptus</i> Swainson, 1822; - <i>Pteroglossus castanotis</i> Gould, 1834; - <i>Selenidera maculirostris</i> (Lichtenstein, 1823); - <i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824); - <i>Schistochlamys melanopis</i> (Latham, 1790); - <i>Ramphastos dicolorus</i> (Linnaeus, 1766)

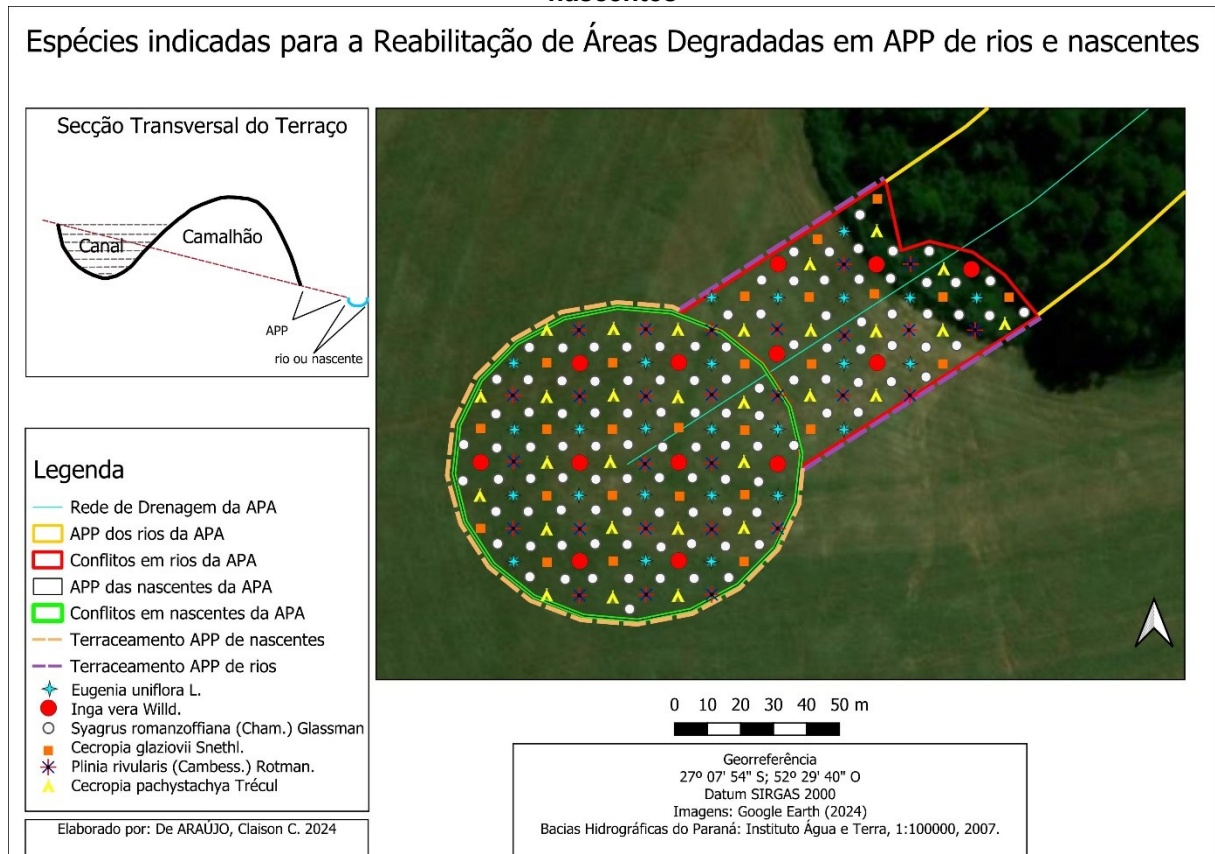
Fonte: Autoria Própria (2024).

Existem inúmeras possibilidades de combinações de plantas a serem escolhidas para a reabilitação de áreas de APP degradadas, porém só é possível indicar as melhores espécies, a partir do levantamento das condições ambientais no local, e autorizado pelo proprietário rural da área em conflito por determinação judicial, ou para cumprir termos de ajuste de conduta.

A implantação de galharias e poleiros podem ser instaladas em APP com distância de 10m como intervalo de espaço ou espaçamento aleatório.

A distribuição de espécies de plantas para a reabilitação das funções de APP está exemplificada (Figura 14).

Figura 14 – Espécies indicadas para a Reabilitação de Áreas Degradadas em APP de rios e nascentes



Fonte: Autoria Própria (2024).

Após o plantio das mudas, é necessário monitorar e avaliar áreas em reabilitação.

7.8 Monitoramento da Área de Reabilitação Ambiental

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2023), o monitoramento visa acompanhar a evolução e a medir o sucesso dos plantios na restauração de áreas degradadas. Deve ter base nas funções dos plantios em garantir o crescimento das mudas e acelerar o processo de sucessão. Os aspectos básicos a serem considerados no monitoramento são:

a) Sobrevivência das mudas: deve ser avaliada preferencialmente entre 30 e 60 dias após o plantio, para substituir as plantas que não se adaptaram ao local;

- b) Desenvolvimento das mudas: em geral, são tomadas as medidas de altura, diâmetro médio das copas e diâmetro do tronco (na base ou à altura do peito);
- c) Controle das plantas invasoras: é muito importante destacar que a eliminação das plantas invasoras não se dá em curto prazo, por isso deve-se manter essas plantas sob controle;
- d) Recrutamento de plântulas: as mudanças no solo desejadas com a introdução dos plantios devem favorecer o desaparecimento gradual da antiga vegetação invasora (capim) e o surgimento de plântulas de espécies florestais. O recrutamento depende muito da eficiência no controle das invasoras pelos plantios; da proximidade de fontes de propágulo e da presença de animais dispersores de frutos e sementes;
- e) Presença da fauna: um último aspecto que indica o sucesso do plantio é o retorno da fauna às áreas revegetadas. Sinais como ninhos, tocas, e outras evidências indicam que os animais podem estar encontrando ali alimento e/ou abrigo.

A importância do monitoramento é conseguir registrar a evolução do meio biótico que está em recuperação e criar um banco de dados utilizando a elaboração de relatórios comprovando o desenvolvimento do plano de reabilitação. Os sucessos ou insucessos das técnicas aplicadas faz com que se torne possível tomar decisões mais adequadas para um manejo preciso e correto.

O monitoramento deverá ser feito em toda área, para que problemas como o aparecimento de espécies exóticas invasoras e morte de plantas possam ser sanados rapidamente.

A frequência do monitoramento de plantas indesejadas, pode ser realizada em cinco vezes durante o primeiro ano, quatro no segundo, três no terceiro ano, duas vezes no quarto e somente uma ação de controle no último ano.

O monitoramento da fauna pode ser realizado com a utilização de equipamentos como binóculos para observação a longa distância, caderno de campo para anotações e uma câmera de alta resolução, gravador e reproduzidor de sons para auxiliar no monitoramento de aves.

O monitoramento de incêndio deve ser realizado, visto que nos últimos anos o Brasil vem sofrendo com o aumento das queimadas, devido ao crescimento e

ocupação do seu território. A perda da biodiversidade, perda da fertilidade do solo e poluição nas nascentes são as principais consequências (Redin, 2011).

O monitoramento de formigas cortadeiras deve ser feito anualmente principalmente nos 4 primeiros anos de aplicação do plano de reabilitação.

8 PRODUTO

O produto desta dissertação é um relatório técnico como sugestão de reabilitação das áreas identificadas em conflitos de uso de solo em APP de rios e nascentes, a fim de contribuir com o plano de manejo da APA e potencializar a conservação das águas do rio do Campo.

O relatório está disponível como documento Apêndice a esta dissertação junto ao repositório institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/>).

9 CONCLUSÕES

O estudo realizado teve como objetivo identificar os conflitos de uso de solo em APP de rios e nascentes da APA do rio do Campo e propor um plano de reabilitação de áreas degradadas.

Analisando a quantidade de conflitos, de 36 nascentes, 32 dessas nascentes ocorre conflito de uso de solo, totalizando 62% de APP degradada, e em APP dos rios, apresentaram 114 ocorrências de conflito de uso de solo em 124 km de comprimento de todos os rios dentro da APA. Dessas ocorrências, 41 consistem em sobreposição da agricultura em APP e 73 com ocorrência de supressão florestal, totalizando 17% da APP degradada.

As atividades antrópicas em APP resultam em problemas graves para a preservação dos recursos hídricos, visto que a ocupação dessas áreas coloca rios e nascentes em vulnerabilidade da segurança hídrica, colocando em risco também o abastecimento público de água tratada para a cidade de Campo Mourão e subsistência da biodiversidade.

Ressalta-se a importância de proteção dos rios e nascentes com APP preservada para proteção das águas em relação ao uso do solo na região que tem aptidão agrícola e o uso do solo intensivo.

Muitos produtos são usados na lavoura, e entre fertilizantes e agrotóxicos, a quantidade de sedimentos que é carregado para os corpos hídricos superficiais foi uma parte deste estudo, para registrar a quantidade de sedimentos que podem comprometer em termos de quantidade e qualidade as águas do manancial, considerando a necessidade de suprir o consumo humano e a manutenção da biodiversidade.

Por esses motivos, foi elaborado um relatório técnico orientador com sugestão para uso público de reabilitação das áreas de conflito de uso de solo em APP, nascentes e rios, e recoloca-los em seus locais de origem, conforme a rede de drenagem do ano de 2007, disponibilizada pelo IAT, a fim de potencializar a conservação das águas da APA do rio do Campo.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **O risco de escassez de água doce**. 2013 Disponível em : https://www.ana.gov.br/noticias_antigas/o_risco_de_escassez_de_agua_doce. 2019-03-15.4724785357. Acesso em: 20 jul. 2023.

ARAÚJO FILHO, J. C. **Floresta Estacional Semidecidual**. 2009. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/vegetacao/floresta-estacional-semidecidual>> Acesso em: 14 nov. 2022.

BERTOL, O J; AZEVEDO, Manoel Luiz de; BRAGAGNOLO, Enio Antonio; BODNAR, Antonio. **Manejo e conservação do solo e da água: Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar**. Paraná: Crea-Pr, 2016. 54 p.

BERTONI, J. C. e TUCCI, C. E. M. Precipitação. In TUCCI, C. E. M. (ORG.). Hidrologia: **Ciência e Aplicação**. 3º Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002, 943p.

BERTONI, J. e LOMBARDI, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990. 392p.

BOURSCHEID, Camila Zanette. **Geração de Base Cartográfica para apoio ao Mapeamento Geotécnico: Estudo de Caso do Morro Santana**, 2013, P. 59. Porto Alegre/RS. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78769/000900251.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 mai. 2023.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>. Acesso em: 07 mar. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 08 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 17 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.985, DE 18 de julho de 2000**. Regulamenta o Art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e das outras providências, Brasília, 18 de julho de

2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 09 nov. 2022.

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 das outras providências, Brasília, 25 de maio de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 09 nov. 2022.

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. Brasília, 29 de dezembro de 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14285.htm. Acesso em: 09 nov. 2022.

BRASIL, Nações Unidas. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável-6 Água potável e saneamento.** 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CAMPO MOURÃO (PR). Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Água e Esgoto.** 1. ed. Campo Mourão: Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/83896181-Plano-municipal-de-saneamento-basico-agua-e-esgoto-municipio-de-campo-mourao-pr.html>. Acesso em: 19 jul. 2023.

CAMPO MOURÃO (PR). **Decreto nº 7.612 DE 27 DE ABRIL DE 2018.** Dispõe sobre a criação de área de proteção ambiental do rio do campo e das outras providências, Campo Mourão, 27 de abril de 2018. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/campo-mourao/decreto/2018/762/7612/decreto-n-7612-2018-cria-a-area-de-protecao-ambiental-do-rio-do-campo-e-da-outras-providencias#>. Acesso em: 09 nov. 2022.

CONAMA. **Resolução nº 10, de 14 de dezembro de 1988.** Publicada no DOU, de 11 de agosto de 1989, Seção 1, páginas 13660-13661. Dispõe sobre a regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental-APAs. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=74>. Acesso em: 01 mar. 2019.

CAPOANE, Viviane; dos Santos, Danilo; Pellegrini, André. Conflitos no Uso da Terra em Áreas De Preservação Permanente em Pequenas Bacias Hidrográficas e Degradação dos Cursos D'água. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. **Anais.** Brasília: ABRH, 2011. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=11212> Acesso em: 20 jul. 2023.

CAVIGLIONE, João H; KIIHL, Laura R. B; CARAMORI, Paulo H; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. CD. Londrina: IAPAR, 2000.

COUTO, R., Garcia; K. J., Silva, M. L. Conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.7 (2018) 2244-2259.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Estratégia de Recuperação Regeneração Natural com Manejo Nucleação**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/nucleacao> Acesso em: 12 mai. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Medidas para o controle de fatores de degradação ambiental**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/estrategias-e-tecnicas-de-recuperacao/controle-de-fatores-de-degradacao> Acesso em: 12 mai. 2023.

FLORENZANO, Tereza Gallotti (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FERRARI, J. L.; Santos, A. R. dos; Garcia, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias** ISSN (on line) 1981-0997 v.8, n.2, p.181-188, 2013.

GONÇALVES, Marly de Souza. **Educação e participação social na gestão de recursos hídricos: proposta metodológica para práticas de conservação de nascentes**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/> . Acesso em: 23 fev. 2024.

GOOGLE MAPS. Localização da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil. Imagens © 2023 CNES / Airbus, Landsat/ Copernicus, Maxar Technologies, Dados do mapa © 2023. Escala 1:500.000. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-24.1014235,-52.4846698,14281m/data=!3m1!1e3?authuser=0>. Acesso em: 10 fev. 2023.

GOOGLE MAPS. Conflito de uso de solo em APP da APA do rio do Campo, Campo Mourão, Paraná, Brasil. Imagens © 2023 CNES / Airbus, Landsat/ Copernicus, Maxar Technologies, Dados do mapa © 2023. Escala 1:500.000. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-24.1192469,-52.4937286,7477m/data=!3m1!1e3?authuser=0>. Acesso em: 10 fev. 2023.

Instituto Água e Terra (IAT). **Altimetria Bacia do Alto Ivai**. 2000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 23 nov. 2022.

Instituto Água e Terra (IAT). **Bacias Hidrográficas do Paraná**. 2007. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 23 nov. 2022.

Instituto Água e Terra (IAT). **Mapa de Solos do Paraná**. 2010. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 23 nov. 2022.

Instituto Água e Terra (IAT). **Uso do Solo Bacia do Alto Ivai**. 2012. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em: 23 nov. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e Estados**. Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/campo-mourao.html>> Acesso em: 05 nov. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso em: 23 nov. 2022.

LIMA, M. B. e ALVES, E. J. **Sulcamento e Coveamento**. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_74_19122006104854.html>. Acesso em: 23 jun. 2019.

LOLLO, J. A; NEVES M.P.; ARANTES L.T.;LIMA C.G.R.; LORANDI R . **Mudanças de uso e cobertura da terra e degradação ambiental em bacias hidrográficas**, /n: PINHEIRO, J. H. P. A; BENINI, S.M. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. ANAP. 2018. p. 18-62. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/PosGraduacao/profagua/bacias_hidrograficas_fundamentos_e_aplicacoes___juliana_heloisa_pine_americo_pinheiro_sandra_medina_benini_orgs.pdf Acesso em: 15. out. 2022.

LUMBRERAS, J. F; FILHO A.C.; MOTTA P.E.F.; BARROS A.H.C.; AGLIO M. L. D.; DART R.O. **Potencialidades e limitações ao uso agrícola de solos do Matopiba**. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138359/1/2015-177.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2022.

MACHADO, E. L. M.; GONZAGA A. P. D.; MACEDO R. L. D.; VENTURIN N.; GOMES J. E. Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. **Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal**, ano IV, n. 7, fev. 2006.

MESQUITA, F.N.M.; Silvestre, K. S.; Steinke, V.A. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na

região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, nº 03 (2017) 722-734.

MEZZOMO, M. M.; GONÇALVES, M. S.; BALESTRI, E. L.; NETO, S. P.; STIER, N. P.; LIMA, V. de O.; SILVA, L. B. da. DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL EM NASCENTES: A IMPORTÂNCIA DO USO, MANEJO E CONSERVAÇÃO. **Perspectiva Geográfica**, [S. l.], v. 10, n. 12, 2015. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/14137>. Acesso em: 26 jan. 2024.

MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. 2001, 116 p. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf . Acesso em: 31 jul. 2023.

MONDARDO, A.; Henklain, J.C.; Farias, G.S. de; Rufino, R.L.; Vieira, M.J. **Controle da erosão no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1977. p.70 (IAPAR. Circular, 3).

NISHIDA, Silvia Mitiko; NAIDE, Suyen Safuan; PAGNIN, Daniel. **Plantas Que Atraem Aves E Outros Bichos**. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/126246/ISBN9788579835391.pdf;sequence=1>. Acesso em: 14 jan 2024.

NITSCHKE, Pablo Ricardo; CARAMORI, Paulo Henrique; RICCE, Wilian da Silva; PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 216 p. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2023.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M.; GAVILANES, M. L. (1994). Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**.17: pp. 67-85.

OSGeo, Fundação Geoespacial de Código Aberto. **QGIS (Geographic Information System)**. 2022. Disponível em: <http://www.qgis.org/en/site/>. Acesso em: 25 nov. 2022.

PIVELLO, V. R. **Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade**. 2011. Disponível em: <http://ecologia.info/cerrado.htm>. Acesso em: 20 jun. 2023.

REDIN, M. ; SANTOS, G. F. ; SANTOS, P. ; DENEGA, G. L. , ; LUPATINI, M. ; DONEDA, A. , ; SOUZA, E. L. Impactos da queima sobre atributos químicos, físicos e biológicos do solo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr.-jun., 2011.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K.; YODER, D.C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the**

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Washington: USDA, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703).

RODERJAN, C.V.F.; GALVÃO; Y.S.; KUNIYOSHI; G.G.; HATSCHBACH. 2002. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92

SANTOS, L. A. C; Vieira L. M. F; Martins P.T.A; Ferreira A.A. Conflitos de Uso e Cobertura do Solo para o Período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas-GO. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 2, p. 189-211, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., rev. e amp. Brasília/DF. Embrapa, 2018. 356 p.: il. color; 16 cm x 23 cm. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 10 mai. 2023.

SILVA, Zilanda de Souza; VALCARCEL, Ricardo. **EFICIÊNCIA CONSERVACIONISTA DE MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: PROPOSTA METODOLÓGICA**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/8SrBPHsPbW4jL5Np6cVwq9L/?lang=pt#>. Acesso em: 28 fev. 2024.

Sousa F. R. C. & Paula D. P. Análise de Perda do Solo por Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Coreaú (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. (Online), São Paulo, v.20, n.3, (Jul-Set) p.491-507, 2019.

SOUZA, V e GASPARETO, N. V. L. APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO (EUPS) NA BACIA DO CÓRREGO PINHALZINHO SEGUNDO, NOROESTE DO PARANÁ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, nº 3, (Jul-Set) p.267-278, 2012.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.38, n.6, p.913–920, 1957.

TEODORO, V. L. L; TEIXEIRA D.; COSTA D. J. L.; FULLER B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 20, p. 137-155, 2007.

USGS- United States Geological Survey. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. USGS EROS Archive - **Digital Elevation** - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Non-Void Filled. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em: 20 nov. 2022.

VANONI, V. A. **Sedimentation Engineering**. New York: Headquarters of the Society, 1975. p. 587-612.

WADT, P. G. S. **Construção de Terraços para Controle da Erosão Pluvial no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa, Documentos 85, 2003. 44 p. Disponível em: <http://iquiri.cpaufac.embrapa.br/pdf/doc85.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2024.

WILLIAMS, J.R.; BERNDT, H.D. Sediment yield computed with universal equation. **Journal of Hydraulic Engineering**, 1972. v.98, n.12. p. 2087-2098.