

INCOMPATIBILIDADES ENTRE ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS E O USO DA TERRA: UM ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PATO BRANCO, PARANÁ

Eduardo Zolim Franzmann ¹; Ney Lyzandro Tabalipa ²; Giovane Vaz Costa ³; Luisa Baganha Marchioro ⁴;

Resumo – Este estudo aborda o uso da terra em áreas legalmente protegidas, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs), concebidas pela legislação para conciliar a ação econômica com a preservação ambiental. No entanto, muitas dessas áreas não estão adequadamente conservadas, comprometendo suas funções ecológicas. A bacia hidrográfica do rio Pato Branco, localizada no sudoeste do estado do Paraná, entre os municípios de Pato Branco, Mariópolis, Clevelândia e Vitorino é de grande relevância devido à sua utilização para captação e fornecimento de água ao município de Pato Branco. A pesquisa visa identificar as incompatibilidades de uso nas áreas legalmente protegidas da bacia hidrográfica do rio Pato Branco, no Paraná. Utilizando técnicas SIG e análise de dados espaciais, constatou-se que 21,46% das áreas protegidas de APPs ao longo do rio Pato Branco estão desmatadas precisando de medidas de recuperação. Espera-se que este estudo contribua para a gestão sustentável da bacia hidrográfica do rio Pato Branco e que a metodologia possa ser aplicada em outras áreas territoriais semelhantes.

Abstract – This study addresses land use in legally protected areas, such as Permanent Preservation Areas (APPs), which are designated by law to balance economic activities with environmental conservation. However, many of these areas are not adequately preserved, compromising their ecological functions. The Pato Branco River watershed, located in the southwest of Paraná state, spanning the municipalities of Pato Branco, Mariópolis, Clevelândia, and Vitorino, is highly relevant due to its use for water supply and collection for the municipality of Pato Branco. The research aims to identify land use incompatibilities in the legally protected areas of the Pato Branco River watershed in Paraná. Using GIS techniques and spatial data analysis, it was found that 21.46% of the APP-protected areas along the Pato Branco River are deforested and require restoration measures. This study is expected to contribute to the sustainable management of the Pato Branco River watershed and provide a methodology that can be applied to other similar territorial areas.

Palavras-Chave – Áreas de Preservação Permanente; Incompatibilidade de Uso; Uso da Terra.

¹ Graduando em Eng., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (46) 99112-5333, franzmann@alunos.utfpr.edu.br

² Eng. Dr. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (46) 99911-2898, ntabalipa@gmail.com

³ Graduando em Eng., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (46) 99120-7675, giovanec@alunos.utfpr.edu.br

⁴ Graduando em Arq., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (41) 99679-0021, lmarchioro@alunos.utfpr.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A legislação ambiental brasileira, desde o Código Florestal de 1934 até a Lei nº 12.651/2012, estabelece a preservação de Áreas de Preservação Permanente (APP) como mecanismos fundamentais para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental. Apesar de sua importância, o cumprimento dessas normativas enfrenta desafios, principalmente em razão de ocupações irregulares e expansão agrícola desordenada.

As APPs abrangem áreas que preservam recursos hídricos, paisagens e biodiversidade, contribuindo para a proteção dos solos e o bem-estar da população.

Apesar da estrutura legal, muitas dessas áreas não são preservadas conforme o esperado, sendo alvo de ocupações irregulares em diversas regiões do Brasil. O levantamento de incompatibilidades legais, conforme estabelecido pelo Decreto 4.297/2002, é fundamental para diagnosticar essas áreas e adotar medidas de recuperação e restauração.

A expansão das fronteiras agrícolas, impulsionada pela crescente demanda por commodities como soja e carne bovina, tem pressionado ecossistemas sensíveis e promovido a devastação de florestas nativas, particularmente em regiões como a Amazônia e o Cerrado. O agronegócio tem sido amplamente apontado como um dos principais responsáveis pelo desmatamento e pela ocupação irregular de Áreas de Preservação Permanente (APPs).

O desmatamento é um dos principais responsáveis pelas mudanças climáticas, pois a remoção massiva de vegetação libera grandes quantidades de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa. Além disso, a queima de florestas, prática comum em áreas desmatadas, gera grandes volumes de fumaça que se espalham pelas cidades, reduzindo a qualidade do ar e causando problemas de saúde para a população. A destruição das florestas não apenas acelera o aquecimento global, mas também intensifica episódios de poluição atmosférica, afetando diretamente a vida urbana.

Além disso, as margens dos rios que não possuem vegetação ciliar adequada estão altamente vulneráveis à erosão do solo, pois a ausência de raízes que estabilizam o terreno facilita o deslizamento de terra para dentro dos cursos d'água. A falta dessa proteção natural contribui também para que agrotóxicos e sedimentos das áreas agrícolas adjacentes sejam facilmente carregados para os rios, contaminando a água e prejudicando a biodiversidade aquática e o consumo humano. Esse processo compromete não só a qualidade da água, mas também a sustentabilidade das atividades agrícolas e a preservação dos ecossistemas.

Essas irregularidades, como a ocupação de áreas protegidas e remoção da cobertura vegetal, estão sendo cada vez mais detectadas e monitoradas graças ao avanço das geotecnologias, como o uso de drones, imagens de satélite e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Essas ferramentas permitem identificar áreas de desmatamento, ocupações irregulares e o impacto da degradação ambiental com precisão e rapidez. Com essa tecnologia, é possível mapear e acompanhar mudanças na paisagem ao longo do tempo, facilitando a identificação de problemas e a implementação de medidas corretivas para a recuperação ambiental e o uso sustentável do solo.

Dessa forma, o objetivo geral será identificar e mapear as incompatibilidades no uso das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na bacia do rio Pato Branco, utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para subsidiar ações de recuperação ambiental.

O estudo se justifica pela necessidade de preservação dos recursos naturais na bacia do rio Pato Branco, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como água limpa e saneamento (ODS 6) e vida terrestre (ODS 15). A ocupação irregular e o desmatamento em APPs comprometem serviços essenciais, como a proteção de mananciais e a estabilidade do solo, tornando urgente a implementação de medidas baseadas em diagnósticos precisos e científicos.

Esse trabalho visa contribuir para o planejamento e gestão ambiental, fornecendo uma base técnica e científica que suporte a restauração de áreas degradadas e a proteção do meio ambiente na bacia hidrográfica do rio Pato Branco.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Áreas de Preservação Permanente (APP)

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são definidas pela legislação ambiental brasileira, especialmente pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), como áreas destinadas à preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade e à manutenção da estabilidade ecológica, estando protegidas de qualquer uso indevido. De acordo com Borges et al. (2011), as APPs desempenham um papel crucial na proteção dos cursos d'água, na prevenção da erosão e na preservação da fauna e flora. No entanto, o crescimento urbano, as atividades agrícolas e pecuárias têm avançado sobre essas áreas, configurando um cenário de degradação e ocupação inadequada, principalmente em bacias hidrográficas de importância regional, como a do rio Pato Branco.

A expansão urbana desordenada é um dos principais fatores de invasão em APPs, como apontado por Araújo (2002), evidenciando a necessidade de conciliar o crescimento das cidades com a preservação ambiental. Além disso, a ocupação irregular nessas áreas tem impactos negativos, como a erosão dos solos, o assoreamento de rios e a contaminação das águas, que afetam diretamente a qualidade dos recursos hídricos.

2.2 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem se tornado uma ferramenta indispensável na análise e monitoramento do uso e ocupação do solo, especialmente em áreas de preservação permanente. Segundo Leite e Rocha (2021), o SIG permite o cálculo de índices morfométricos e a análise espacial em bacias hidrográficas, fornecendo subsídios essenciais para o planejamento e a gestão territorial. O SIG, associado a dados de sensoriamento remoto e imagens de satélite, possibilita a detecção de alterações no uso do solo ao longo do tempo, identificando áreas de conflito com a legislação ambiental.

Nesse contexto, o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, possibilita a criação de mapas temáticos que identificam mudanças na cobertura e uso do solo com precisão. Como ressaltado por Gao et al. (2015), essas ferramentas são eficazes na análise das forças motrizes que impulsionam mudanças no uso da terra em áreas ecológicas sensíveis, fornecendo uma visão holística do processo de ocupação e uso irregular.

2.3 Mudanças climáticas e desmatamentos

O uso inadequado do solo, especialmente em áreas de proteção ambiental, tem implicações diretas sobre as mudanças climáticas e a qualidade da água. O desmatamento e a ocupação de APPs são responsáveis pela redução da capacidade dessas áreas de atuarem como reguladoras do ciclo hidrológico, levando ao aumento da erosão e à contaminação das águas por sedimentos e agroquímicos. Conforme Guerra e Marçal (2006), o impacto das atividades humanas em áreas sensíveis afeta diretamente o equilíbrio ambiental, agravando problemas como a contaminação de mananciais e o aumento da temperatura global.

A contaminação da água em bacias hidrográficas impactadas pelo uso inadequado do solo é uma preocupação crescente, como afirmado por Silva Neto (2013). O avanço de atividades agropecuárias sobre APPs, além de comprometer a integridade dos ecossistemas terrestres e aquáticos, facilita o transporte de poluentes, como pesticidas e fertilizantes, para os cursos d'água, prejudicando a qualidade da água e, por consequência, a saúde humana e ambiental.

2.4 Legislação ambiental

O Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651/2012, representa um dos marcos mais importantes da legislação ambiental no país. Essa legislação estabelece as normas gerais para a proteção da vegetação nativa, regulamentando o uso da terra e a preservação das áreas de preservação permanente (APPs). O principal objetivo do Código Florestal é garantir o

desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, buscando um equilíbrio entre o uso sustentável dos recursos naturais e a proteção dos ecossistemas.

De acordo com o Código, as APPs são áreas destinadas à preservação dos recursos hídricos, biodiversidade e estabilidade do solo, sendo proibido o desmatamento ou ocupação para atividades econômicas. Essas áreas incluem margens de rios, topos de morros, nascentes e outras zonas sensíveis. O artigo 4º da lei estabelece as faixas mínimas de preservação nas margens de corpos d'água, que variam de 30 a 500 metros, dependendo da largura do rio. A importância das APPs está relacionada à sua função de evitar a erosão, proteger a qualidade da água e reduzir o assoreamento dos rios.

Outra característica importante do Código Florestal é a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), uma ferramenta de controle e monitoramento das propriedades rurais. O CAR foi instituído como um mecanismo de regularização ambiental, visando assegurar que os proprietários respeitem as áreas de preservação e se adequem às exigências da legislação. O artigo 29 da lei estabelece que todas as propriedades rurais devem ser inscritas no CAR, permitindo o acompanhamento das atividades e a implementação de programas de recuperação ambiental.

A legislação também prevê medidas para a compensação ambiental em casos de degradação, como os Programas de Regularização Ambiental (PRAs), que permitem a recuperação de áreas degradadas dentro das APPs e RLs. Tais programas são essenciais para a restauração dos ecossistemas, além de contribuir para o cumprimento dos compromissos internacionais do Brasil com a conservação da biodiversidade e o combate às mudanças climáticas.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Este trabalho visa examinar as incompatibilidades entre as áreas legalmente protegidas e o uso da terra na Bacia do rio Pato Branco, que está localizada na região sudoeste do estado do Paraná, conforme Figura 01. A bacia hidrográfica possui uma área total de 364,41 km², abrangendo os municípios de Pato Branco, Mariópolis, Clevelândia e Vitorino, todos pertencentes ao estado do Paraná. O rio Pato Branco tem uma extensão 58,76 Km, sendo um afluente da margem direita do rio Chopim.

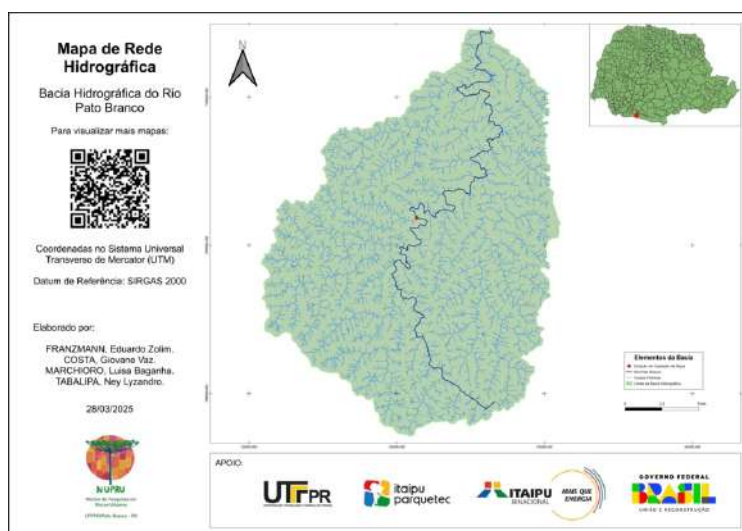


Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do rio Pato Branco, PR.

3.1 Caracterização geológica

A constituição geológica da região é representada por rochas basálticas da Formação Serra Geral, que recobrem inteiramente a área mapeada.

Conforme o CPRM (1996), a geologia da região Sudoeste do Paraná se compõe de rochas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral. As rochas são efusivas básicas toleíticas com basaltos maciços e amigdaloides, com intercalações de arenito e rochas vulcânicas ácidas, ambas atravessadas por diques e sills de diabásio.

4. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um levantamento detalhado e a classificação da cobertura e do uso do solo, com o objetivo de identificar áreas de uso inadequado em relação às áreas legalmente protegidas.

A análise de uso e ocupação do solo foi realizada com base nos dados fornecidos pelo MapBiomas, que oferece informações detalhadas e atualizadas sobre a cobertura da terra. Esses dados permitiram uma avaliação precisa das mudanças na paisagem ao longo dos anos, facilitando a identificação de áreas com uso inadequado do solo e proporcionando uma base sólida para o planejamento ambiental e territorial.

O MapBiomas foi lançado oficialmente em julho de 2015 e funciona de forma colaborativa, envolvendo ONGs, universidades, laboratórios e startups de tecnologia que compõem sua rede. A iniciativa realiza o mapeamento anual da cobertura e uso do solo, além de monitorar mensalmente a superfície de água e as cicatrizes deixadas por incêndios, utilizando dados que remontam a 1985.

Para a classificação da cobertura e do uso e ocupação do solo utilizou-se os arquivos TIF elaborados a partir de imagens Landsat do ano de 2023 que são classificadas, resultando em mapas de cobertura e uso da terra, baixados em coordenadas geográficas em WGS84.

O critério proposto pelo MAbiomas, estipula 9 classes de uso, sendo elas: Formação Florestal, Silvicultura, Campo Alagado, Pastagem, Soja, Mosaico de Usos, Área Urbanizadas, Outras Áreas Não Vegetadas, Rios e Lagos.

A resolução das imagens utilizadas pelo MapBiomas é de 10x10 metros por pixel, o que permite uma visão geral e eficiente das mudanças na cobertura e uso do solo em grandes áreas. No entanto, essa resolução não é adequada para identificar conflitos de uso em detalhes mais precisos, que exigem imagens com resolução espacial maior, variando entre 5 metros e 1 metro. Essas resoluções mais finas são essenciais para detectar ocupações irregulares e pequenas alterações que afetam áreas de proteção ambiental (APPs) e outras zonas sensíveis.

Em seguida, foram identificadas as áreas legalmente protegidas e analisada a presença ou ausência de uso de terra em seu interior através de operações booleanas que cruzam os dois conjuntos de informações ou mapas temáticos. Em essência, para encontrar áreas divergentes, verificou-se se havia uso de terra dentro das áreas protegidas legalmente. A nova camada resultante dessa sobreposição indica as regiões em conflito.

Tendo isto em mente, o próximo passo, foi vetorizar no software QGIS, versão 3.26.1-Buenos Aires, as áreas de APP's, utilizando imagens de satélite do BING para produzir um mapa de cobertura e uso do solo mais detalhado.

O procedimento seguinte consistiu na obtenção das áreas legalmente protegidas. Nesta fase, as delimitações e os dados das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram criados através de um buffer da rede de drenagem do rio Pato Branco, em conformidade com o Código Florestal (BRASIL, 2012), utilizando o software QGIS. O buffer é uma técnica de análise geográfica neste estudo, que cria zonas de influência ao redor de uma entidade, delimitando faixas de proteção, como as APPs e leitos de rio, com precisão. É relevante ressaltar que os buffers podem ser gerados a partir de arquivos vetoriais lineares, pontuais e poligonais.

Com o produto cartográfico em mãos, os procedimentos de sobreposição foram realizados para identificar a presença das classes de cobertura e uso do solo nas áreas legalmente protegidas.

Foram determinadas diversas delimitações de Áreas de Preservação Permanente (APPs), seguindo as orientações previstas na Lei 12.651/2012. O rio Pato Branco, com uma extensão total de 58,76 km, foi dividido em três seções com base em sua largura entre as margens.

Na primeira seção, localizada inteiramente dentro do município de Mariópolis e com cursos d'água até a 6ª ordem, estendendo-se desde as nascentes, cobrindo uma distância total de 16,63 km. Neste primeiro trecho foi estabelecida uma faixa de 30 metros de largura de APP a partir do eixo do rio.

Na próxima seção do rio, com 27,04 km de extensão, o ponto de partida está na coordenada UTM (339.844, 7.088.871), onde o rio atravessa a PR-280, até a coordenada UTM (347.114, 7.097.903). Neste trecho, situado principalmente na divisa entre os municípios de Pato Branco e Mariópolis, foi definida uma APP de 30 metros de largura a partir da margem do rio, não do seu eixo, com sua delimitação auxiliada por imagens do Google Earth Pro.

O último segmento, situado na fronteira entre os municípios de Pato Branco e Clevelândia, compreende uma extensão de 15,09 km, indo da coordenada UTM (347.114, 7.097.903) até a desembocadura no rio Chopim. Nesta parte, onde o rio tem uma largura superior a 10 metros, podendo alcançar até 40 metros, uma APP com 50 metros de largura foi estabelecida a partir da margem.

Após o mapeamento das APPs e da cobertura do solo, foi realizada uma busca por áreas com uso em desacordo, onde a atividade econômica conflitava com as áreas protegidas por lei, utilizando ferramentas do QGIS 3.4.13 com GRASS. As seções delimitadas no rio, estão detalhadas na Figura 02 abaixo.



Figura 02 – Buffer realizado a partir das margens do rio, destacando as Áreas de Preservação Permanente (APPs) com 30 metros de largura e evidenciando as áreas com vegetação suprimida.

Na sequência, foi realizado um levantamento das propriedades rurais localizadas na bacia hidrográfica do Rio Pato Branco, com base nos dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (CAR), do Governo Federal. Até o momento, foram cadastradas 1.823 propriedades na bacia, distribuídas entre os municípios vizinhos da seguinte forma: Vitorino conta com 32 propriedades, Clevelândia com 161, Pato Branco com 663, e Mariópolis, que lidera com 967 propriedades cadastradas. Entre essas propriedades, foram identificadas aquelas que fazem divisa direta com o rio Pato Branco. Em Clevelândia, 22 propriedades possuem essa fronteira, em Pato Branco são 47, e em Mariópolis, 95, como demonstrado na Figura 03.

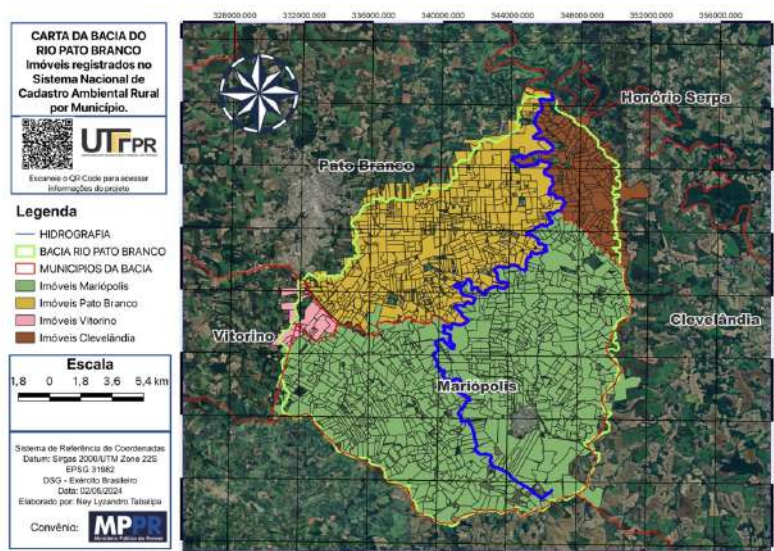


Figura 03 – Propriedades por município que fazem divisa com o rio Pato Branco.

Na última etapa, foi realizada a sobreposição dos mapas de Áreas de Preservação Permanente (APPs), gerados conforme descrito anteriormente, com o mapa de uso e ocupação do solo. Esse processo permitiu a extração de uma nova camada de informação, evidenciando as áreas onde foram encontrados conflitos entre o uso atual do solo e as restrições legais das APPs.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise realizada com base nos dados do MapBiomass forneceu uma visão clara das transformações na cobertura e uso do solo ao longo dos anos na bacia hidrográfica do Rio Pato Branco.

A classificação e mapeamento das áreas legalmente protegidas, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs), foram fundamentais para identificar o uso inadequado do solo em regiões sensíveis (Figura 4).

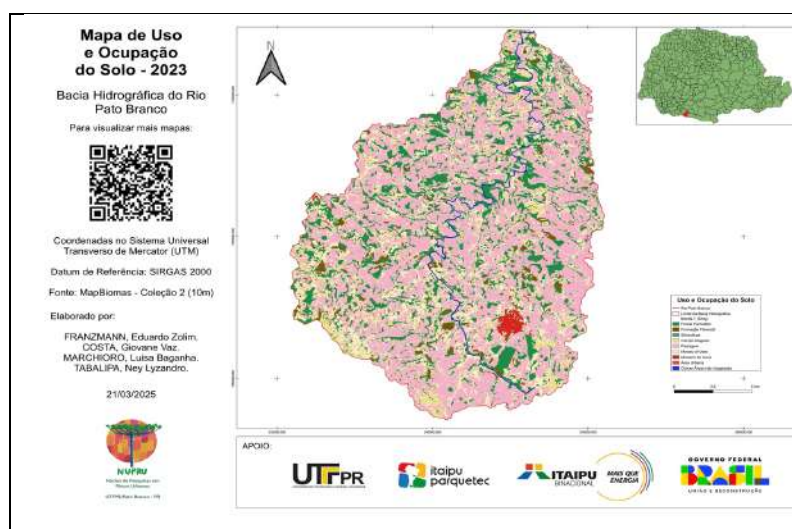


Figura 04 – Classificação da cobertura e do uso e ocupação do solo a partir de imagens Landsat do ano de 2022 que são classificadas pelo critério proposto pelo MAPBiomass.

O uso de ferramentas geoespaciais, como o QGIS, foi fundamental para gerar mapas detalhados das APPs e da cobertura do solo. A criação de buffers ao redor dos cursos d'água possibilitou a delimitação precisa das faixas de proteção legal conforme o Código Florestal. Conforme a Figura 05, a sobreposição dos mapas de uso do solo com as áreas protegidas

evidenciou as zonas de conflito, onde atividades econômicas inadequadas, como pastagens e cultivos agrícolas, estavam presentes dentro das APPs, contrariando a legislação ambiental.



Figura 05 – Sobreposição do uso do solo com o Buffer das áreas protegidas evidenciando em vermelho as zonas de conflito de uso e ocupação do solo.

Ao cruzar as informações do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (CAR) com os dados geográficos, identificou-se a presença de 1.823 propriedades rurais dentro da bacia do Rio Pato Branco, das quais uma parte significativa fazia divisa direta com o rio. Esse levantamento evidenciou a necessidade de uma fiscalização mais eficaz e de ações voltadas à regularização dessas propriedades, especialmente nas áreas protegidas.

As divergências identificadas reforçam a importância de um planejamento ambiental adequado e de maior fiscalização, utilizando geotecnologias para monitorar e corrigir o uso indevido do solo em APPs. A integração de dados geoespaciais e informações legais revelou-se uma estratégia eficaz para identificar áreas críticas e propor intervenções adequadas. Na Figura 6, é possível visualizar informações detalhadas geradas no estudo, como a identificação da propriedade, o tamanho da área, o módulo fiscal, o município ao qual a área pertence e a extensão da área suprimida.

Figura 06 – Detalhe das informações produzidas na pesquisa, mostrando o cadastro do CAR, tamanho da área, município, estado, e áreas suprimidas.

Cadastro CAR	módulo fiscal				Município que pertence		Área de Mata Ciliar suprimida/utilizada, que chamo de uso incompatível		
cod imóvel	mod fiscal	num area	ind status	ind tipo	município	cod estado	imóvel	áreas incompatíveis (m2)	
PR-4118501-	20,3108	365,9842	AT	IRU	Pato Branco	PR	27	8.555,29	
PR-4118501-	20,3108	365,9842	AT	IRU	Pato Branco	PR	27	12.972,28	21.527,57
PR-4115309-	15,0463	270,8332	PE	IRU	Mariópolis	PR	118	0,00	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	508,31	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	2.539,43	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	10.794,01	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	498,80	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	9.372,47	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	13.494,88	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	1.040,73	
PR-4115309-	14,0257	252,4626	AT	IRU	Mariópolis	PR	93	1.217,42	39.466,03
PR-4115309-	13,119	236,142	AT	IRU	Mariópolis	PR	72	0,00	
PR-4118501-	12,188	220,5978	AT	IRU	Pato Branco	PR	31	3.243,94	

Ao concluir o levantamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo do rio Pato Branco, constatou-se que elas totalizam 492,8244 hectares. Deste total, 105,74 hectares foram suprimidos em diversos trechos analisados, o que representa aproximadamente 21,46% do total das APPs. Essa supressão está distribuída da seguinte forma: 29,39 hectares em Clevelândia, 36,06 hectares em Pato Branco e 40,29 hectares em Mariópolis.

Com base nesses resultados, foram propostas medidas de recuperação ambiental e práticas sustentáveis para restaurar as funções ecossistêmicas dessas áreas. Entre as principais ações, destaca-se o reflorestamento com espécies nativas da região, que desempenham um papel essencial na proteção do solo, manutenção da qualidade hídrica e suporte à biodiversidade local.

Adicionalmente, recomenda-se a adoção de sistemas agroflorestais nas zonas de entorno das APPs, combinando práticas agrícolas com a conservação ambiental para promover um uso sustentável do solo. Também foi sugerida a implementação de técnicas de controle de erosão, como terraceamento e cobertura do solo com vegetação, para reduzir o assoreamento dos corpos d'água e melhorar a infiltração hídrica.

Ressalta-se, ainda, a importância de aprofundar a análise sobre as implicações práticas da recuperação dessas áreas. Embora o estudo tenha identificado as zonas de conflito e a extensão das APPs suprimidas, é essencial compreender a natureza da ocupação atual — se predominam pastagens, áreas agrícolas ou edificações permanentes. Tal diagnóstico é crucial para orientar as estratégias de recuperação. Por exemplo, áreas ocupadas com pastagem podem ser mais facilmente convertidas em vegetação nativa por meio de plantios diretos ou regeneração natural, enquanto a presença de edificações pode demandar abordagens jurídicas e técnicas mais complexas. Conhecer o tipo e grau de degradação também possibilita direcionar com mais precisão os programas de educação ambiental e o apoio técnico aos proprietários rurais, promovendo maior engajamento e viabilidade das ações de restauração.

Como parte das estratégias de recuperação, enfatizou-se a importância da educação ambiental direcionada aos proprietários rurais e às comunidades locais, visando conscientizar sobre a importância das APPs e incentivar práticas agrícolas que estejam em conformidade com a legislação ambiental. Por fim, foram recomendadas parcerias com órgãos governamentais e organizações ambientais para a criação de programas de incentivo à restauração, como o pagamento por serviços ambientais (PSA), que podem impulsionar a adesão dos proprietários rurais às iniciativas de recuperação e conservação.

Essas medidas integram ações técnicas e sociais para promover a sustentabilidade ambiental e garantir a restauração das funções ecossistêmicas das APPs, contribuindo para a proteção da bacia hidrográfica e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio da análise de dados fornecidos pelo MapBiomass ofereceram uma compreensão abrangente sobre as transformações na cobertura e uso do solo ao longo do tempo na bacia hidrográfica do Rio Pato Branco. A classificação e o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram instrumentos essenciais para identificar o uso inadequado do solo em regiões ambientalmente sensíveis.

A utilização de imagens de satélite com maior resolução espacial foi imprescindível, viabilizando a identificação mais precisa das ocupações irregulares dentro das APPs.

Ferramentas geoespaciais, como o QGIS, desempenharam um papel fundamental na geração de mapas detalhados das APPs e da cobertura do solo. A criação de buffers ao longo dos cursos d'água possibilitou delimitar com precisão as faixas de proteção legal estabelecidas pelo Código Florestal.

Ao cruzar os dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (CAR) com as informações geográficas, identificou-se a existência de 1.823 propriedades rurais na bacia do Rio Pato Branco, muitas das quais fazem divisa direta com o rio.

As divergências observadas sublinham a importância de um planejamento ambiental integrado e de maior rigor na fiscalização, utilizando geotecnologias como ferramentas indispensáveis para monitorar e corrigir o uso inadequado do solo em APPs.

Ao final do levantamento, constatou-se que as APPs ao longo do Rio Pato Branco totalizam 492,8244 hectares, dos quais 105,74 hectares (aproximadamente 21,46%) foram suprimidos em diferentes trechos estudados. Essa supressão está distribuída em 29,39 hectares no município de Clevelândia, 36,06 hectares em Pato Branco e 40,29 hectares em Mariópolis. Esses dados reforçam a necessidade de implementar políticas públicas voltadas à recuperação

ambiental e ao manejo adequado das áreas protegidas, promovendo a sustentabilidade ambiental e o cumprimento da legislação vigente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ITAIPU/PARQUETEC CAPES pelo fomento à pesquisa e às bolsas de pesquisa, e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. M. V. G. “As Áreas De Preservação Permanente e a Questão Urbana”, Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados Centro de Documentação e Informação Coordenação de Biblioteca. Agosto/2002. Disponível em: < <http://bd.camara.gov.br> >. Acesso em 19/04/2021.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; JUNIOR, L. M. C.; BARROS, D. A. “Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira”, Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.7, p.1202-1210, jul., 2011 ISSN0103-8478.

BRASIL, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

“Código Florestal Brasileiro”, Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 19/06/2024.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1996. “*Mapa Hidrogeológico da América do Sul – Escala: 1:5.000.000: texto explicativo/UNESCO*”, Departamento Nacional de Produção Mineral. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Brasília: CPRM.

GAO, P., NIU, X., WANG, B. & ZHENG, Y. “Land use changes and its driving forces in hilly ecological restoration area based on gis and rs of northern”, Scientific Reports 5, Article number: 11038. China (2015).

GUERRA, A.J.T., MARÇAL, M.S. “*Geomorfologia Ambiental*”, 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

HENRIQUE, Afonso; MENEZES, Novaes; DUARTE, Francisco Ricardo; OSETE, Luis; CARVALHO, Ribeiro. “*Metologia Científica Teoria e aplicação na educação à distância*”, [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/dacc/noticias/livro-univasf/metodologia-cientifica-teoria-e-aplicacao-na-educacao-a-distancia.pdf>.

LEITE, M. E. ROCHA, A. M. “*Sistema De Informações Geográficas (SIG) Aplicado Ao Cálculo De Índices Morfométricos Em Bacia Hidrográfica*”, Geo UERJ | E-ISSN 1981-9021.

OLIVEIRA, M. J. “*Proposta metodológica para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linha de cumeada*”, Viçosa: UFV, 2002, 53p. Dissertação – Universidade Federal de Viçosa.

QUEIROZ, P. H. B. CRISPIM, A. B. SILVA, J. M. O. SALES, M. C. L. “*Parâmetros morfométricos lineales y zonales aplican a un segmento de la vía media de la cuenca del río Pacoti – CE*”, Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 19, n. 1, p. 140-153, Jul. 2017.

ROSA, R. M. FERREIRA, V. de O. “*Incompatibilidades Entre Áreas Legalmente Protegidas E Uso Da Terra Na Unidade De Planejamento E Gestão Dos Recursos Hídricos Afluentes Mineiros Do Baixo Paranaíba*”, Revista GEOGRAFIA | Rio Claro-SP | v.46 | n.1 | 2021 | ISSN: 1983-8700.

SILVA M.K.A., BRITO J.L.S., ROSA R. “*Mapeamento do uso do solo no município de Pedranópolis – MG*”, In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 2005; Goiânia, Brasil. INPE; 2005. p. 285-291.

SILVA NETO, J. C. A. “*Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS*”, UNESP: Presidente Prudente, 2013.