



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA E SAÚDE COLETIVA (IGESC)
CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

GABRIELA DE OLIVEIRA GOMES

**O USO DE GEOPROCESSAMENTO PARA AVALIAR A LEGALIDADE DAS ÁREAS
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO CÓRREGO BURITISS, LOCALIZADO
NO MUNICÍPIO DE TUPACIGUARA – MG**

**Uberlândia (MG)
2025**

GABRIELA DE OLIVEIRA GOMES

**O USO DE GEOPROCESSAMENTO PARA AVALIAR A LEGALIDADE DAS ÁREAS
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO CÓRREGO BURITISS, LOCALIZADO
NO MUNICÍPIO DE TUPACIGUARA – MG**

Trabalho apresentado para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ângela Maria Soares

Uberlândia (MG)
2025

Sumário

Introdução	4
Caracterização da área de estudo	6
Objetivos	7
Referencial teórico	8
Metodologia	15
Resultados e discussões.....	18
Conclusão	25
Referências	27

INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são espaços ambientalmente protegidos por lei, cuja principal finalidade é resguardar os recursos hídricos e as margens dos corpos d'água, além de preservar a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o solo. Essas áreas também cumprem papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico e na conexão entre fragmentos de vegetação, favorecendo a circulação de espécies e contribuindo para o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

No Brasil, a legislação ambiental tem desempenhado papel essencial na regulamentação e fiscalização das APPs. Os primeiros debates remontam ao governo de Getúlio Vargas, quando foi instituído o Código Florestal de 1934 (Decreto nº 23.793/1934), em resposta ao avanço da agropecuária e da exploração madeireira. Em 1965, a norma foi substituída pela Lei nº 4.771, que, ao longo do tempo, passou por modificações até a criação da Comissão Especial de Reforma do Código Florestal, em 2009. O resultado foi a promulgação da Lei nº 12.651/2012, marcada por mudanças significativas na gestão das áreas ambientalmente sensíveis (FREITAS et al., 2016).

Segundo Freitas et al. (2016), o novo Código Florestal de 2012 apresenta fragilidades importantes, pois resultou de um embate entre ruralistas e ambientalistas. Com a predominância das demandas do setor agropecuário, foram introduzidas mudanças que afetaram diretamente as Reservas Legais (RL) e as APPs, especialmente no caso das APPs consideradas consolidadas (aquelas com uso antrópico anterior a 22 de julho de 2008), que passaram a ter regras de recomposição definidas conforme o módulo fiscal da propriedade rural. Na prática, isso abriu brechas para áreas antes em desacordo com a legislação, refletindo a perda de espaço do capital natural frente ao capital produtivo e evidenciando a necessidade de avaliar com cautela a efetividade da nova lei florestal em um cenário de crescente escassez de áreas naturais diante da expansão econômica.

Sendo assim, a eficácia da legislação ambiental depende, em grande parte, da capacidade de fiscalização e monitoramento das APPs. Nesse contexto, o geoprocessamento se destaca como ferramenta capaz de possibilitar a análise das transformações espaciais e dos impactos nessas áreas, por meio do uso de imagens de satélite e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Tais tecnologias permitem a integração de dados provenientes de múltiplas fontes, a organização de bancos de dados georreferenciados, a realização de diagnósticos

ambientais complexos e a automatização da produção de representações cartográficas, tornando viável a fiscalização a distância (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

Diante desse cenário de desafios na efetivação da legislação ambiental e considerando a relevância do geoprocessamento como ferramenta de monitoramento, este estudo fundamenta-se na valorização das geotecnologias como aliadas na gestão ambiental e na fiscalização de áreas protegidas.

A escolha do córrego Buritisss justifica-se por sua relevância como principal fonte de abastecimento de água do município, com vazão de 150 L/s (Tupaciguara, 2014), o que reforça a urgência de preservar sua integridade ambiental. A proposta fundamenta-se na valorização das geotecnologias como aliadas na gestão ambiental e na fiscalização de áreas protegidas.

Como moradora de Tupaciguara, reconheço a importância de contribuir para a preservação das áreas naturais da região e para o bem-estar da população, sobretudo no caso do córrego Buritissss, que desempenha um papel vital para a comunidade local. No entanto, a conservação dessas áreas vai além do valor afetivo ou paisagístico, é essencial considerar sua função ecológica. A manutenção das APPs garante, segundo Lima (1989), a estabilização das margens fluviais, o controle do escoamento superficial, a retenção de sedimentos e nutrientes e a preservação da qualidade da água, reduzindo custos de tratamento para consumo humano, além da regulação térmica dos corpos d'água e da oferta de abrigo e alimento para a fauna aquática.

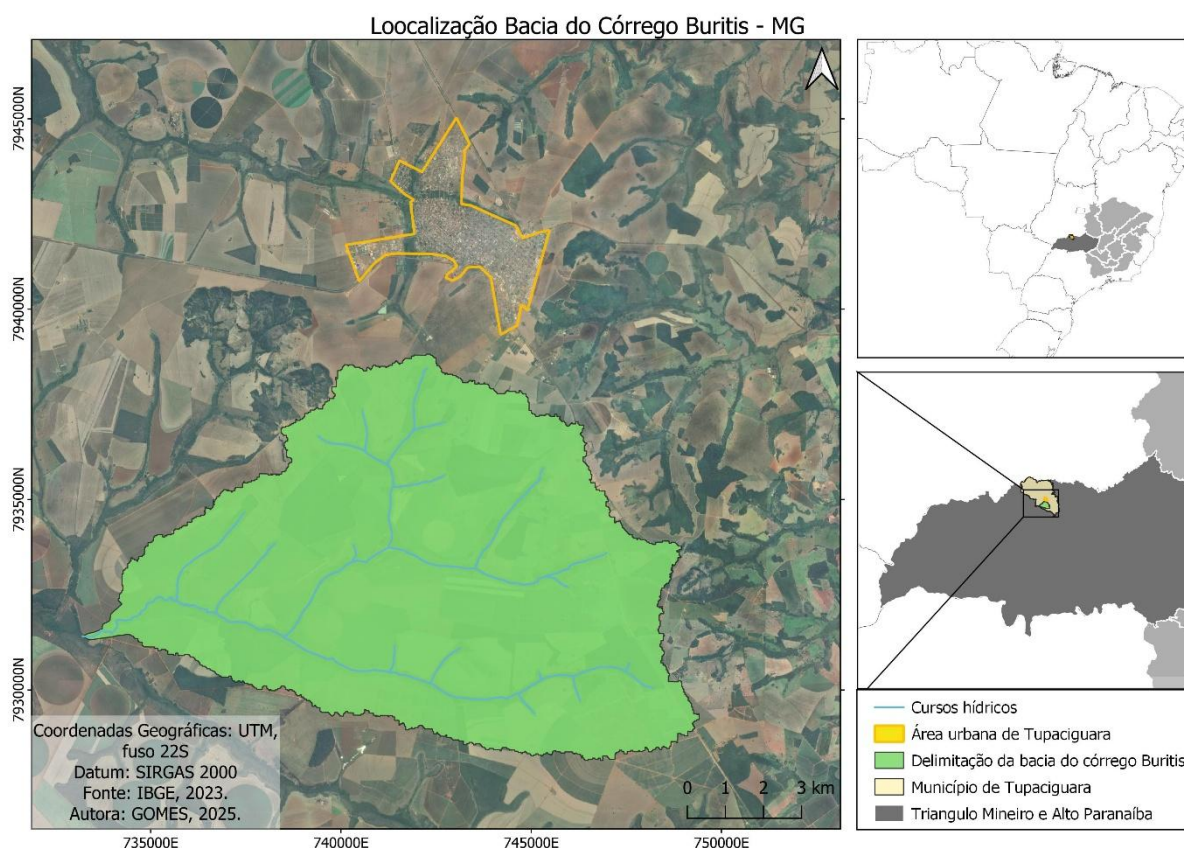
Tupaciguara, entretanto, enfrenta sérios desafios. O município não possui estação de tratamento de esgoto em funcionamento, e os efluentes domésticos são lançados diretamente nos córregos Queixadas e Poção, bem como em fossas rudimentares e até em ligações clandestinas, o que agrava a degradação dos ambientes aquáticos (Tupaciguara, 2014)

Portanto, a conservação das águas que abastecem a população torna-se de extrema importância. Trata-se de um município marcado por paisagens esplêndidas, cachoeiras, rios e córregos que geram sentimentos de bem-estar e pertencimento à população, um conforto que constrói as características de cidade do interior, com aparência de lar e refúgio, mas que sofrem os impactos da má gestão ambiental. Nesse contexto, como discente do curso de Geografia, sinto-me no dever de colocar em prática os conhecimentos adquiridos até aqui, contribuindo para conservar e restaurar aquilo que ainda representa um patrimônio natural e vital para a cidade.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do córrego Buritisss está localizada no município de Tupaciguara, estado de Minas Gerais, integrando a Região Geográfica Intermediária de Uberlândia, pertencendo tradicionalmente à região do Triângulo Mineiro (mapa 1) (IBGE 2017). O córrego encontra-se a cerca de 8 km do centro urbano da cidade. A captação de água destinada ao abastecimento público é realizada diretamente do represamento de seu curso, conhecido como represa Buritisss. EM 2011, aproximadamente 99,33% das residências do município eram atendidas pela rede geral de abastecimento de água (Tupaciguara, 2014).

Mapa 1: Localização do córrego Buritisss e da área urbana de Tupaciguara



Fonte: Autora, 2025.

A sub-bacia do córrego Buritisss possui uma área aproximada de 102,41 km² e um comprimento total de 46,63 km do curso principal do córrego. Seu sistema hídrico é composto por 10 nascentes identificadas, e o canal principal é classificado como um curso de ordem 3, segundo a classificação de Strahler. O córrego Buritisss é afluente do rio Piedade, que, por sua vez, deságua diretamente no rio Paranaíba, inserido na bacia hidrográfica do rio Paraná.

Quanto ao uso e ocupação do solo no município, os dados do MapBiomas (2024) indicam a seguinte distribuição: 74,38% de áreas destinadas à agropecuária, 10,43% de

formação florestal, 9,87% de corpos d'água, 4,77% de vegetação herbácea e arbustiva, e 0,40% destinado a área urbana. Observa-se, portanto, uma baixa proporção de áreas voltadas à conservação ambiental e à manutenção da vegetação nativa

Em relação às características demográficas, Tupaciguara possui uma população de 25.470 habitantes, sendo classificada pelo IBGE (2022) como uma cidade de pequeno porte e centro local. Como município com baixa influência regional na oferta de serviços especializados, a garantia da segurança hídrica e da preservação ambiental torna-se ainda mais relevante, pois é necessário suprir de forma direta as demandas essenciais da população local.

O município de Tupaciguara, localizado no Triângulo Mineiro, possui uma extensa área territorial de 1.822,53 km² que abriga diversos cursos hídricos e amplas regiões destinadas ao agronegócio. A sobreposição desses elementos demanda atenção especial às Áreas de Preservação Permanente (APPs), especialmente ao longo do córrego Buritissss, uma das principais fontes de abastecimento de água da população local.

Neste contexto, a pesquisa busca responder aos seguintes questionamentos:

- A. Como as ferramentas de geoprocessamento podem ser utilizadas para mapear, identificar e avaliar as APPs do córrego Buritissss?
- B. Quais são os desafios e limitações na análise dessas APPs utilizando tecnologias geoespaciais?
- C. Em que medida as APPs do córrego Buritissss estão em conformidade com o Código Florestal?
- D. O uso e ocupação do solo no entorno do córrego provoca impactos significativos na qualidade ambiental da sub-bacia?
- E. Existem indícios de degradação ambiental nas APPs que possam comprometer sua função hídrica e ecológica?
- F. As alterações no Código Florestal influenciaram a situação das APPs do córrego Buritissss?

OBJETIVO GERAL

Analisar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo do córrego Buritissss, em Tupaciguara/MG, por meio de ferramentas de geoprocessamento, visando identificar sua conformidade com a legislação ambiental vigente e os impactos decorrentes do uso e ocupação do solo em seu entorno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar dados geográficos e legais necessários à delimitação da sub-bacia do córrego Buritissss.
- Mapear os principais usos do solo no entorno do córrego, caracterizar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) quanto à cobertura vegetal, bem como classificar seus trechos como preservados, em uso irregular ou degradados, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal.
- Avaliar a conformidade das APPs com a legislação vigente (Lei nº 12.651/2012), considerando largura mínima, tamanho da propriedade, presença de nascentes e faixas de preservação.
- Comparar as alterações ocorridas nas APPs após a reforma do Código Florestal.

REFERENCIAL TEÓRICO

A. Aspectos Legais das Áreas de Preservação Permanente

Este estudo tem como referência principal a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal Brasileiro), que estabelece os parâmetros para a delimitação e proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs). A norma define a largura mínima das faixas de preservação, a proteção de nascentes, a manutenção da vegetação nativa e aborda áreas com intervenção antrópica ocorrida antes ou após 22 de julho de 2008. (BRASIL, 2012)

As áreas com ocupação humana anterior a essa data são consideradas áreas consolidadas, nas quais o tamanho da APP pode ser ajustado conforme o módulo rural da propriedade. Já as áreas não consolidadas, sem intervenção humana, devem obedecer integralmente às normas de preservação estabelecidas pelo Código Florestal de 2012. Esses conceitos são fundamentais para a análise da conformidade atual das APPs mapeadas na sub-bacia do córrego Buritisss.

A Lei nº 4.771/1965, conhecida como antigo Código Florestal, também é considerada neste estudo, pois foi um marco na legislação ambiental brasileira. Ela serviu de base para a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e para a formulação da Política Nacional do Meio Ambiente. Embora não tenha definido formalmente as APPs, a lei já previa a proteção obrigatória de florestas e vegetação em locais estratégicos, como margens de rios, encostas e topos de morros. (BRASIL, 1965)

Para complementar e detalhar os critérios de definição das APPs, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou as Resoluções nº 302 e nº 303, em 2002, estabelecendo parâmetros técnicos para delimitação e preservação dessas áreas, tanto em ambientes naturais quanto em reservatórios artificiais (BRASIL, 2002).

O antigo Código Florestal e as resoluções do CONAMA são utilizados neste estudo para comparação histórica e identificação de áreas consolidadas. Ao aplicar os parâmetros de preservação vigentes à época da ocupação, torna-se possível diferenciar intervenções legais daquelas que, mesmo sendo anteriores a 2008, já apresentavam irregularidades. Essa análise comparativa entre o Código Florestal de 1965 e o de 2012 é essencial para compreender as mudanças na legislação, avaliar a legalidade das intervenções e identificar áreas que demandam recuperação ambiental ou que foram regularizadas perante o novo Código.

B. Conceitos de bacia hidrográfica

Compreender as características físicas de uma bacia hidrográfica é essencial para a correta aplicação da legislação ambiental. A área analisada neste trabalho enquadra-se como uma microbacia, cuja caracterização é fundamental para situar a análise no contexto da bacia principal, permitindo compreender a dinâmica ambiental local e estabelecer relações entre os processos naturais e as intervenções antrópicas.

Rocha e Kurtz (2000), caracterizam as bacias hidrográficas como áreas delimitadas naturalmente que drenam a água das chuvas por meio de ravinas, canais e tributários, conduzindo-as a um curso hídrico principal, o qual deságua no mar ou em um grande lago.

A classificação dessas unidades segue critérios de tamanho: bacias hidrográficas, sub-bacias (com áreas entre 20.000 ha e 300.000 ha) e microbacias (com até 20.000 ha, desaguardo em uma sub-bacia) (ROCHA et al., 2000). Segundo o autor, apesar da diferença de escala, todas compartilham a mesma definição e integram o conjunto maior da bacia principal. Assim, a

caracterização de sub e microbacias segue os mesmos princípios aplicados às bacias hidrográficas, apenas adaptados à escala de estudo.

Pires et al. (2002) ressaltam que as principais causas de degradação dessas unidades estão associadas a atividades econômicas voltadas ao lucro imediato, como a agropecuária, a mineração e a urbanização, que promovem erosão do solo, sedimentação dos cursos hídricos, modificação da paisagem, redução da qualidade da água e da disponibilidade de recursos pesqueiros, além da perda significativa da fauna e flora.

Portanto, independentemente de seu porte, toda bacia hidrográfica possui relevância ambiental e social, devendo ser preservada e fiscalizada pelo Estado, de modo a assegurar a manutenção dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos que sustentam a vida e o desenvolvimento humano. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) desempenham papel crucial nesse processo, pois garantem a proteção das margens, nascentes e encostas, assegurando a conservação e o bom funcionamento das bacias hidrográficas.

C. Relação entre áreas de preservação permanente e água potável

Segundo Ribeiro e Walter (2008), as matas ripárias do cerrado, representadas principalmente pelas matas ciliares e de galeria, constituem formações vegetais que acompanham os cursos d'água, exercendo funções essenciais para a manutenção dos ecossistemas.

Hinkel (2003) destaca que a vegetação ripária desempenha papel fundamental na redução de inundações e na estabilização de encostas, com caules que diminuem a força do escoamento superficial e raízes que auxiliam na fixação do solo e na infiltração da água. Além disso, fornece alimento e abrigo para aves, peixes e pequenos animais, e a cobertura arbórea contribui para regular a temperatura da água, sendo essencial para a manutenção da fauna e flora aquáticas

Consequentemente, a vegetação ripária contribui para reduzir a quantidade de poluentes solúveis e sedimentos transportados pelo escoamento superficial, pois aumenta a rugosidade do terreno e diminui a velocidade da água (Hinkel, 2003). Sendo essencial sua manutenção em áreas agrícolas para preservar a qualidade da água, evitando a contaminação por agrotóxicos.

D. Sensoriamento remoto

Segundo Lillesand et al. (2015), o sensoriamento remoto pode ser compreendido como a ciência e a arte de adquirir informações sobre objetos, áreas ou fenômenos sem contato direto, utilizando sensores capazes de registrar diferentes propriedades a partir da energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre. Em sentido amplo, consiste na coleta de dados à distância, possibilitando inferir características e condições de alvos localizados na terra, nos oceanos ou na atmosfera, a partir da análise dessas medições. Esses dados são frequentemente trabalhados em formato raster, em que a superfície é representada por uma matriz de células ou pixels, cada um contendo informações sobre a propriedade medida, facilitando análises espaciais e interpretações do uso e cobertura do solo.

No aspecto operacional, é essencial compreender os princípios da radiação eletromagnética, considerando que todos os materiais, naturais ou artificiais, com temperatura acima de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, têm a capacidade de emitir, refletir, transmitir ou absorver seletivamente radiação eletromagnética. Os sensores captam tanto a radiação emitida pelos objetos quanto a refletida pelo ambiente, a qual se comporta simultaneamente como onda e partícula. (Neto et al, 2018)

A radiação e a reflexão ocorrem por meio de ondas eletromagnéticas distribuídas ao longo de diferentes faixas do espectro, caracterizadas pelo comprimento de onda, geralmente em micrômetros ou nanômetros, ou pela frequência, medida em megahertz ou gigahertz. No sensoriamento remoto, essas faixas são utilizadas para registrar imagens de alvos específicos. (Florenzano 2010)

Nos intervalos do espectro em que a atmosfera apresenta alta transparência, o sensoriamento remoto capta imagens nas faixas do ultravioleta (pouco utilizada), visível, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas, infravermelho termal e micro-ondas. A radiação eletromagnética (REM) interage com os alvos de diferentes maneiras, dependendo de suas características físicas e químicas, sendo caracterizada por Jacintho (2003) como:

- Absortância: porcentagem de absorção da energia radiante por certa superfície;
- Reflectância: energia que incide e é refletida;
- Transmitância: porcentagem de energia que atravessa o alvo.

A interpretação do uso do solo por meio do sensoriamento remoto é fundamental para analisar a transformação do espaço, identificar áreas consolidadas, avaliar a qualidade das Áreas de Preservação Permanente e verificar os diferentes usos do solo na região. Uma das técnicas

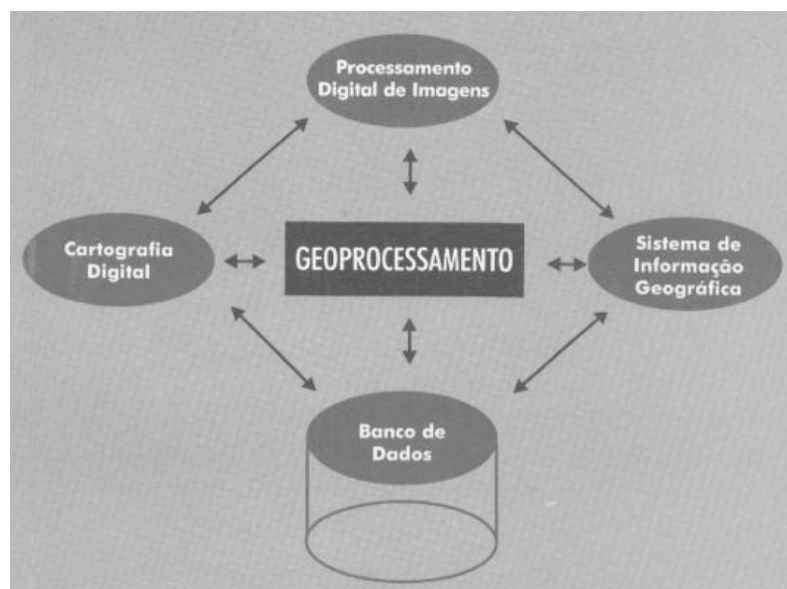
amplamente utilizadas para esse fim é a classificação supervisionada, que permite identificar e separar diferentes classes de cobertura ou uso do solo com base em suas assinaturas espectrais. Segundo Novo (2008), na classificação supervisionada, cada classe é previamente descrita e o pesquisador realiza a análise da imagem para identificar áreas representativas de cada categoria. Com base nessas amostras, o algoritmo é treinado para reconhecer padrões espectrais e atribuir corretamente cada pixel à classe correspondente, tornando essa técnica adequada para estudos de mapeamento ambiental e monitoramento da vegetação.

E. Geoprocessamento e sistema de informação geográfica (sig)

Segundo Câmara (2001), o geoprocessamento é a disciplina que aplica métodos matemáticos e computacionais para o tratamento e análise de informações geográficas, permitindo compreender e representar fenômenos espaciais georreferenciados.

Rosa (2013) complementa que o geoprocessamento é a junção de técnicas aplicáveis a coleta e tratamento de dados espaciais, o termo pode ser aplicado para trabalhos com cartografia digital, processamento digital de imagens e sistemas de informação geográfica, demonstrado na imagem 1. A autora afirma que mesmo sendo processos diferentes, estão interligados, usando os mesmos equipamentos, mas software diferentes.

Imagem 1: Atividades interligadas ao geoprocessamento



Fonte: Rosa, 2013.

A autora demonstra cada processo da seguinte maneira:

Cartografia digital: direcionado a coleta, sistematização e elaboração de mapas;

Processamento digital de imagens: Conjunto de estratégias e procedimentos aplicados ao processamento digital de imagens, com a finalidade de corrigir deformações e potencializar a acurácia na identificação de alvos;

Sistema de informação geográfica (SIG): ferramentas destinadas à coleta, armazenamento, processamento, análise e visualização de dados com referência espacial.

Na aplicabilidade, a escolha de uma ferramenta SIG significa escolher os modelos digitais mais apropriados para representar o significado específico do seu contexto de aplicação, desenvolvendo um sistema que abrange ao máximo as estruturas de dados e algoritmos, de forma a representar a ampla variedade de concepções do espaço. Essa ferramenta automatiza tarefas que antes eram feitas manualmente, além de facilitar análises complexas ao integrar informações de diversas fontes (Câmara 2001; Rosa 2013)

Os dados espaciais em um SIG podem ser representados no formato vetorial, em que os elementos geográficos são descritos por pontos, linhas e polígonos, ou no formato matricial (raster). Esses diferentes formatos podem ser integrados, permitindo análises e visualizações combinadas, mesmo quando os dados são generalizados para diferentes escalas ou propósitos, preservando os atributos e a estrutura das feições (Jacintho, 2003).

No âmbito do geoprocessamento, existem diferentes tipos de dados que podem ser utilizados, conforme Câmara (2001):

- Dados temáticos: descrevem unidades espaciais em formato quantitativo, podendo ser representado em formato matricial ou vetorial;
- Dados cadastrais: diferem dos temáticos, pois cada elemento é um objeto geográfico com atributos e múltiplas representações gráficas, representado em formato vetorial;
- Redes: cada objeto geográfico possui localização precisa e atributos descritivos armazenados em coordenadas vetoriais;
- Modelos Numéricos de Terreno (MNT): representam quantitativamente grandezas contínuas no espaço, são expressas de forma matricial;
- Imagens: obtidas por satélites, fotografias aéreas ou sensores aerotransportados, constituem capturas indiretas de informações espaciais. São armazenadas em matrizes, em que cada pixel representa a energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre.

Atualmente, há muitos sistemas de software SIG disponíveis, cada um com diferentes capacidades e limitações. Esses sistemas geralmente são projetados para apoiar tipos específicos de tomada de decisão, como planejamento urbano, transporte ou análise ambiental (Rosa, 2013).

F. Importância do geoprocessamento na fiscalização ambiental

Costa (1997) afirmam que, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em 1992, o homem tomou consciência de que seria o principal agente da evolução da Terra. A partir desse marco, as pesquisas ambientais avançaram significativamente, sobretudo no campo do desenvolvimento informático e do sensoriamento remoto. Esses progressos abriram caminho para a utilização do geoprocessamento como ferramenta estratégica na gestão ambiental.

Nesse sentido, Filgueira de Sá et al. (2010) destacam o geoprocessamento como uma das principais tecnologias aplicadas à gestão ambiental, principalmente pelo uso de SIGs e pelo processamento de imagens de satélite. Essas ferramentas permitem trabalhar com informações espacializadas, possibilitando análises detalhadas e apoiando decisões mais ágeis e integradas.

Bisi et al. (2018) reforçam essa importância ao enfatizar que o geoprocessamento permite a gestão de áreas de relevância ecológica, o monitoramento de territórios de conservação, o planejamento de decisões e a análise do uso e ocupação do solo. Sua relevância se evidencia na agilidade do processamento de dados, na eficiência operacional, na diversidade de aplicações, na avaliação integrada e na integração entre áreas, consolidando-se como ferramenta essencial para o manejo e uso sustentável do solo

Essas ferramentas também se mostram relevantes em termos de acessibilidade. Segundo Jacintho (2003), os recursos de processamento de informação têm se tornado cada vez mais disponíveis, com o desenvolvimento de softwares, imagens de satélite e bases de dados, muitos deles oferecidos gratuitamente, o que amplia o acesso a diferentes públicos.

A aplicabilidade prática da análise espacial na gestão ambiental é demonstrada por diversos estudos, entre eles:

- Jacintho (2003): uso do geoprocessamento e sensoriamento remoto em áreas de conservação, aplicado à região Capivari-Monos, em São Paulo.

- Filgueira de Sá et al. (2010): criação de um SIG para a gestão ambiental em bacias hidrográficas, com resultados satisfatórios para a fiscalização.
- Melo et al. (2016): verificação de conformidade ambiental na instalação de um posto de gasolina em Parnaíba-PI.

Diante desses exemplos, fica evidente que o geoprocessamento possui ampla aplicação na área ambiental, abrangendo desde o monitoramento e mensuração da degradação até a preservação e o planejamento da recuperação de áreas degradadas, consolidando-se como ferramenta indispensável para a fiscalização ambiental.

METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, ou quali-quantitativa, combinando dados numéricos e análises interpretativas. Informações quantitativas, obtidas via geoprocessamento, permitem mensurar e mapear a conformidade das Áreas de Preservação Permanente (APPs), enquanto a análise qualitativa possibilita interpretar sinais de degradação e discutir desafios legais e técnicos. Conforme Creswell (2010), a pesquisa de métodos mistos vai além da simples coleta e análise de dados qualitativos e quantitativos de forma isolada, envolvendo a integração dessas abordagens em um mesmo estudo, de modo que os resultados se complementem, aumentando a validade, a profundidade e a abrangência da investigação.

Coleta dos dados matriciais

Para a realização do presente trabalho, inicialmente foi conduzida uma pesquisa bibliográfica em artigos relacionados à mesma temática, já mencionados anteriormente, com o objetivo de identificar e certificar os materiais adequados para a investigação. Paralelamente, foi realizada uma revisão sobre os recursos disponíveis que poderiam contribuir para a execução prática da pesquisa.

Foram utilizados dados de acesso público, incluindo imagens de satélite e modelos digitais de elevação (MDE), obtidos pelo portal Earth Explorer do United States Geological Survey (USGS). A plataforma disponibiliza imagens de satélites como Landsat, Sentinel, ASTER e MODIS, abrangendo dados ópticos, infravermelhos e de radar, com cobertura histórica que permite análises multitemporais.

As imagens de satélite selecionadas foram do Landsat 5, para anos anteriores a 2008, e do Landsat 9, para períodos mais recentes, garantindo continuidade histórica e atualização

temporal. O Landsat 5 possuía dois sensores: o Scanner Multiespectral, com quatro bandas do verde ao infravermelho próximo, e o Thematic Mapper, com seis bandas do azul ao infravermelho médio e uma banda térmica, operando em modo push-broom com resolução de 30 m para bandas reflexivas e 120 m para a banda térmica (USGS, 2022). Já o Landsat 9 utiliza o sensor OLI, com nove bandas do visível ao infravermelho, e o sensor TIRS, com duas bandas térmicas, ambos em modo push-broom com imagens calibradas em 12 bits (USGS, 2019).

O MDE SRTM arc-second global forneceu dados altimétricos, representando a elevação do terreno em relação a um datum vertical, essenciais para análises topográficas, hidrológicas e de relevo, como delineamento de bacias hidrográficas e avaliação de drenagem.

Todos os dados foram processados no software QGIS, escolhido por sua facilidade de aplicação de métodos geoespaciais, variedade de ferramentas, acesso gratuito e atualizações constantes.

Após a coleta de dados, o próximo passo foi a delimitação da bacia hidrográfica, realizada com o software QGIS, utilizando o módulo GRASS GIS. Segundo Neteler e Mitasova (2004), o GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) é um sistema de código aberto em contínuo desenvolvimento desde 1982, sendo uma das maiores ferramentas de SIG disponíveis, capaz de processar dados raster e vetoriais, além de oferecer módulos para análise, modelagem e visualização geoespacial. Sua ampla gama de funcionalidades e a robustez justificam a escolha para este estudo.

A delimitação da bacia foi conduzida seguindo o modelo segundo o autor Bruno (2017), com adaptações, e envolveu quatro etapas principais:

- A. Correção do Modelo Digital de Elevação (MDE): Vazios no raster, causados por corpos d'água ou falhas no retorno, foram preenchidos usando a ferramenta *r.fill.dir*, que elimina depressões artificiais e prepara o MDE para análise.
- B. Acumulação de fluxo: A direção do fluxo e a acumulação foram calculadas com o módulo *r.watershed*, permitindo definir redes de drenagem e áreas de contribuição hídrica. Foram gerados quatro outputs, sendo utilizado apenas o mapa de direção de drenagem para a etapa seguinte.
- C. Delimitação da bacia: Com o ponto de exutório identificado, o módulo *r.water.outlet* delimitou automaticamente a área de contribuição hídrica, gerando a bacia hidrográfica a partir do mapa de direção de drenagem.

D. Vetorização: A bacia obtida em formato raster foi convertida para vetor no QGIS e conferida com curvas de nível, sendo necessários apenas pequenos ajustes manuais na região da foz da bacia.

Outra etapa importante consistiu na análise do uso e cobertura do solo, com o objetivo de determinar a extensão e a qualidade das APPs. Para essa classificação, foram utilizadas imagens de satélite, considerando que diferentes tipos de vegetação apresentam respostas distintas à radiação eletromagnética e dados disponibilizados pelo projeto MapBiomias.

Para as imagens anteriores ao ano de 2008, marco utilizado para a caracterização das áreas consolidadas, foram selecionadas as datas 23 de março de 2007 (final do período chuvoso) e 15 de setembro de 2007 (período seco). A escolha de diferentes épocas do ano foi essencial para observar as variações sazonais no uso e cobertura do solo, possibilitando uma identificação mais precisa das classes de ocupação. Nessas análises, utilizou-se a composição colorida falsa do satélite Landsat 5, formada pelas bandas 5 (infravermelho próximo), 4 (vermelho) e 3 (verde), combinadas nessa ordem. Essa configuração permite diferenciar com clareza as vegetações saudáveis, que apresentam alta refletância no infravermelho, das pastagens e áreas degradadas, que refletem em menor intensidade

Para a análise final, aplicou-se a classificação supervisionada por meio da ferramenta LF Tools. Os polígonos de treinamento foram previamente selecionados e nomeados, permitindo que o algoritmo associasse as amostras a padrões espectrais, classificasse os demais pixels da imagem e os convertesse em vetores. As classificações obtidas foram avaliadas quanto à sua precisão por meio de comparação com as imagens já classificadas do projeto MapBiomias, garantindo maior confiabilidade na identificação das classes de uso e cobertura do solo.

Nos anos mais recentes, para a avaliação do uso e cobertura do solo e da qualidade das APPs, foram utilizadas as imagens classificadas do MapBiomias (2024). Optou-se por essa base de dados, pois as imagens de satélite obtidas e a classificação automática aplicada não apresentaram resultados satisfatórios quando comparados à classificação disponibilizada pelo projeto, sendo, portanto, priorizadas as imagens já processadas e validadas pelo MapBiomias.

Dados vetoriais

Foram utilizados dados georreferenciados disponibilizados por órgãos públicos. O Cadastro Ambiental Rural (CAR), registro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais

do Brasil, reúne informações detalhadas sobre cursos hídricos, áreas de preservação permanente e reservas legais. Foram, portanto, coletados os registros dos cursos hídricos, nascentes, veredas e represas cadastradas no órgão.

Outro dado importante para o estudo diz respeito à área total das propriedades rurais, fundamental para delimitar as APPs em áreas consolidadas. Esses dados foram extraídos tanto do CAR quanto do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Embora existam divergências entre as bases, foram utilizados ambos os registros para captar a melhor informação de cada um. O CAR registra imóveis rurais como unidades amplas, podendo englobar múltiplas propriedades sob um mesmo titular, mas, na região estudada, muitas fazendas foram registradas em pequenas parcelas, dificultando a identificação de propriedades desmembradas. Por outro lado, o INCRA utiliza a "parcela" como unidade jurídica, permitindo a identificação precisa da área total das propriedades, mesmo quando desmembradas, pois utiliza o mesmo código de registro.

Para a delimitação das APPs, a largura dos cursos hídricos é fundamental. Como a bacia não apresenta cursos com largura superior a 10 metros, adotou-se a largura mínima de preservação de 30 metros para cada margem, conforme o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). Após a extração dos córregos e represas a partir do CAR, aplicou-se a ferramenta BUFFER no QGIS para gerar as faixas correspondentes às margens dos cursos hídricos, criando polígonos contínuos. Para as nascentes, o buffer foi definido em 50 metros, de acordo com a legislação vigente, enquanto para áreas consolidadas, o BUFFER foi aplicado conforme o tamanho do módulo rural da propriedade.

Por fim, foram elaborados cinco mapas essenciais: dois mapas de uso do solo e tamanho das APPs referentes aos anos de 2007 e 2024; dois mapas delimitando as APPs antes e depois do novo Código Florestal; um mapa referente as áreas consolidadas; e um mapa de localização da bacia, utilizando a base de dados do IBGE (2022). Todos os mapas foram produzidos no sistema de coordenadas UTM, fuso 22S, com datum SIRGAS 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a elaboração deste trabalho, algumas dificuldades foram encontradas, exigindo adaptações metodológicas para alcançar o melhor resultado possível. A extração do curso

hídrico poderia ser realizada a partir de uma imagem MDE, utilizando a declividade para identificar as áreas mais baixas do terreno. No entanto, por se tratar de uma área relativamente pequena e considerando que as imagens de satélite disponíveis apresentam resoluções entre 12 e 30 metros, essa extração direta não foi viável, uma vez que o curso hídrico da bacia em estudo possui largura inferior a 10 metros, dimensão menor que a representação mínima permitida pelo satélite.

Dessa forma, foi necessário extrair a largura do curso hídrico a partir dos dados cadastrados no CAR, onde se observou a falta de fiscalização quanto à regularidade das informações registradas. Verificou-se que cada propriedade rural possuía, em média, três cursos hídricos cadastrados com larguras distintas para um mesmo curso d'água, sendo preciso calcular uma média das medidas para estabelecer um padrão de largura mais consistente.

Outra inconsistência identificada foi a falta de integração entre os órgãos responsáveis pelo CAR e pelo INCRA, associada à divergência conceitual entre “imóvel rural” (no CAR) e “parcela” (no INCRA). Não existe uma correlação direta ou um identificador comum que relacione as propriedades entre os dois sistemas. As áreas apresentam pequenas divergências de georreferenciamento, e os registros do CAR abrangem apenas as parcelas das propriedades, o que dificulta a identificação de áreas desmembradas pertencentes a uma mesma unidade rural.

No caso do INCRA, as áreas desmembradas mantêm o mesmo número de registro, o que possibilita sua identificação e contabilização como uma única propriedade rural. Essa falta de integração entre os cadastros gera desafios metodológicos significativos. Conforme Oliveira et al. (2017), essa desconexão evidencia a necessidade urgente de interligação dos sistemas cadastrais, de modo a evitar uma “realidade equivocada” sobre a estrutura fundiária.

Para contornar essas limitações, foi realizado um cruzamento manual de dados, priorizando-se as informações do INCRA, a fim de garantir maior precisão no cálculo das áreas totais das propriedades e, conseqüentemente, na determinação correta das APPs em áreas consolidadas.

Foram identificadas doze propriedades rurais, por meio dos registros do CAR, com áreas consideradas consolidadas, incluindo trechos de veredas (Mapa 2). De acordo com o Código Florestal de 2012 (art. 61-A), a recomposição dessas áreas segue a chamada regra da “escadinha”, que determina a largura mínima de recomposição conforme o tamanho do módulo rural da propriedade e o tipo de área (vereda ou não).

O módulo fiscal (ou rural) é uma unidade de medida estabelecida pelo INCRA para caracterizar a dimensão das propriedades rurais, considerando a capacidade de exploração econômica familiar da região. A classificação do módulo fiscal é definida pela Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, alterada pela Lei nº 13.465, de 2017, e varia de acordo com cada município. No município de Tupaciguara, Minas Gerais, um módulo fiscal corresponde a 40 hectares, conforme estabelecido pelo INCRA. (BRASIL, 2022). As faixas de recomposição aplicáveis estão apresentadas no quadro abaixo:

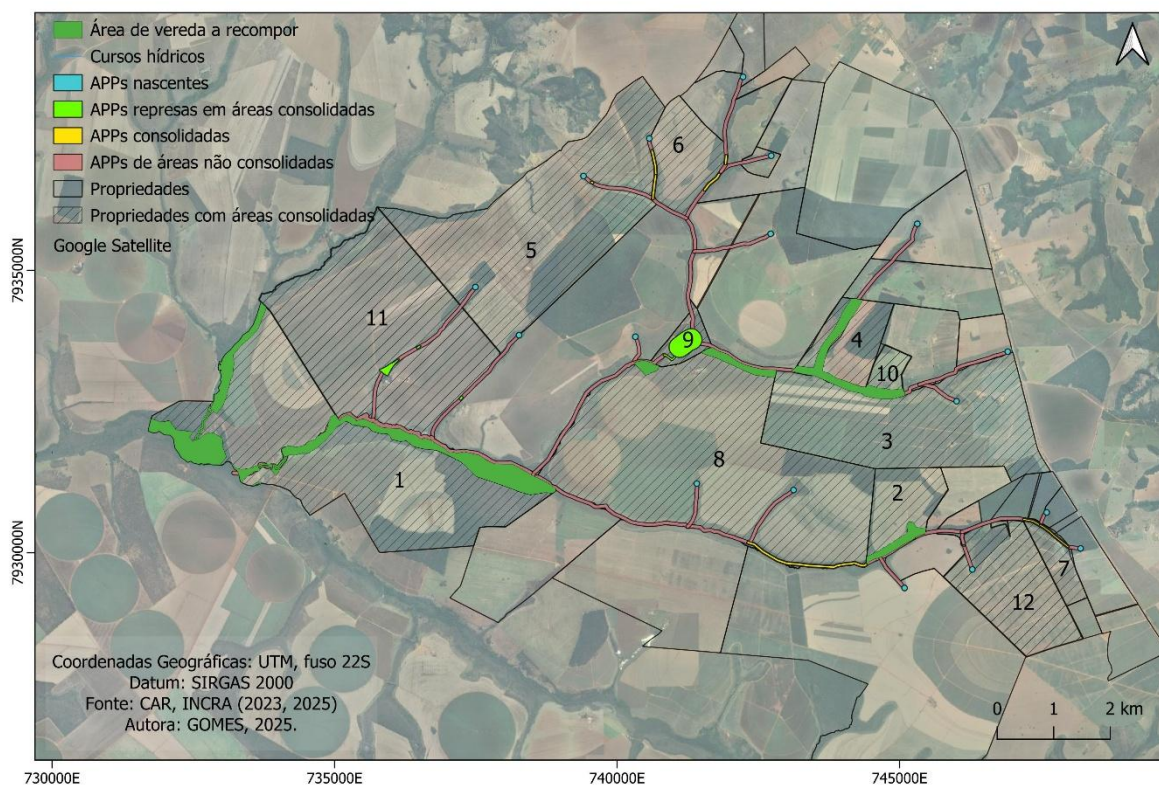
Tabela 1: Definição de recomposição

Tipo de APP	Tamanho do imóvel (módulos fiscais)	Faixa mínima de recomposição
Cursos d'água naturais	Até 1	5 m
	>1 a 2	8 m
	>2 a 4	15 m
	>4	20 a 100 m (PRA)
Veredas	Até 4	30 m
	>4	50 m

Fonte: BRASIL, 2012.

Mapa 2: Áreas de Preservação Permanente

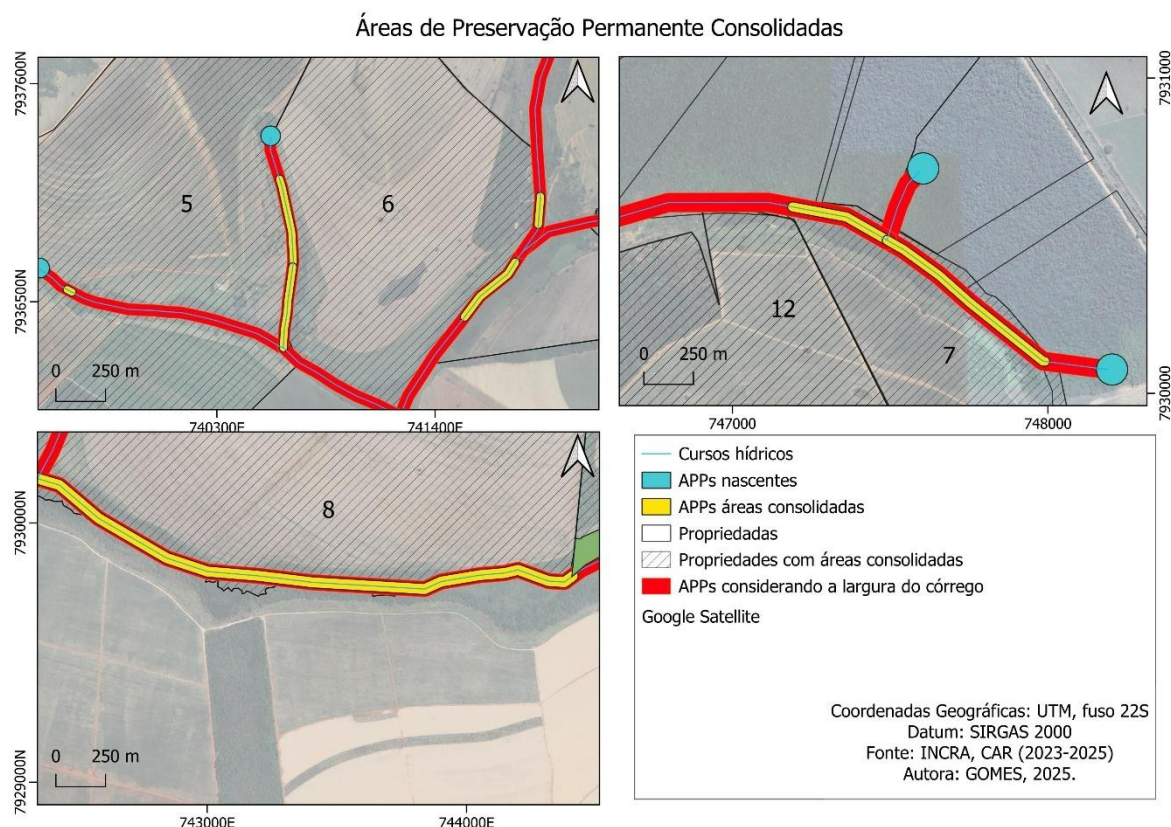
Áreas de Preservação Permanente no Município de Tupaciguara - MG



Fonte: Autora, 2025.

Nas áreas consolidadas sem veredas a recompor, as faixas de APP variam em largura conforme apresentado nos Mapas 2 e 3, com valores entre 8 metros (área de numeração 9 no Mapa 2, correspondente à área de represamento), 15 metros (representada pela propriedade 7 nos mapas 2 e 3) e 20 metros nas demais propriedades. As barragens artificiais construídas antes de 2008 também seguem essa norma, aplicando a mesma lógica de recomposição baseada no módulo fiscal da propriedade.

Mapa 3: Áreas consolidadas

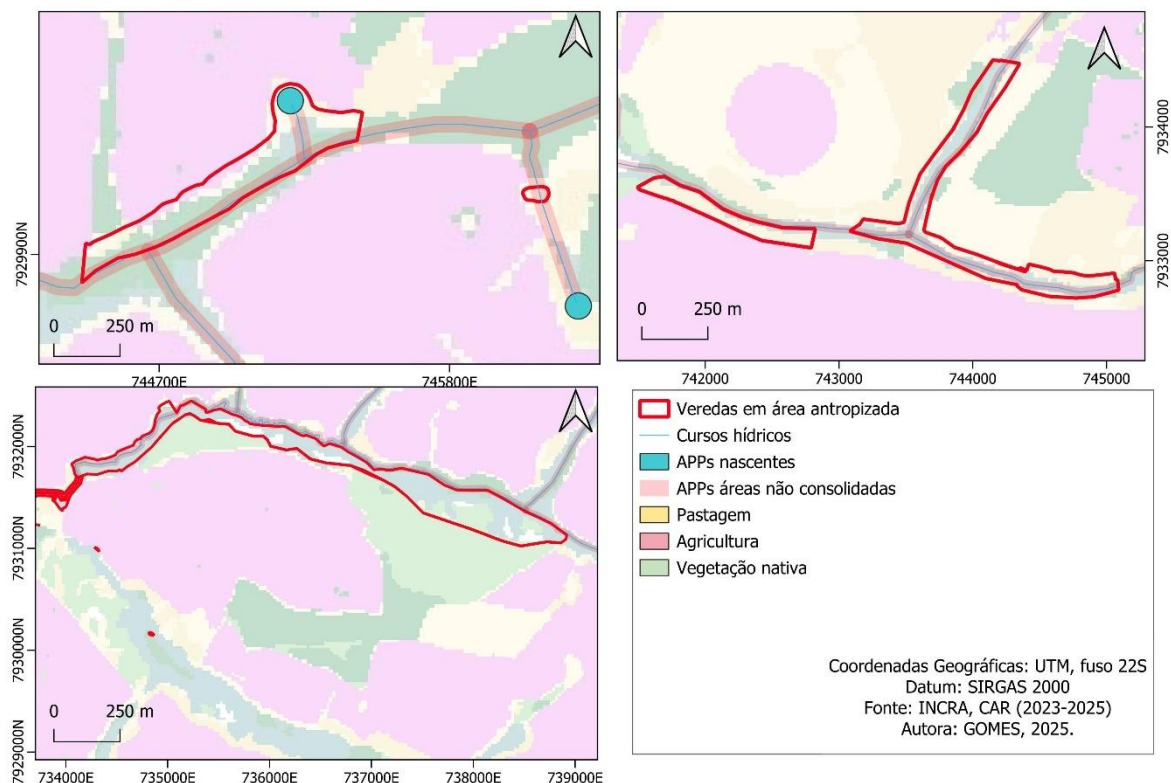


Fonte: Autora, 2025.

Observa-se que a aplicação da regra da “escadinha” reduz significativamente a largura das APPs. Áreas que, idealmente, deveriam contar com pelo menos 30 metros de vegetação nativa de cada lado de cursos d’água com menos de 10 metros, acabam apresentando faixas menores, criando uma lacuna que favorece proprietários em desconformidade com a legislação, comprometendo a preservação da vegetação.

Quanto à situação atual das APPs do córrego Buritissss, observou-se que, mesmo com a nova legislação permitindo faixas menores, muitas áreas ainda se encontram em desconformidade, sendo a maioria ocupada por pastagem, sem a proteção adequada dos cursos hídricos (mapa 4). Na região, inclusive, áreas de olhos d’água estão ocupadas por pastagem.

Mapa 4: Áreas de veredas a serem recompostas
 Áreas de Preservação Permanente de Veredas a Recompôr

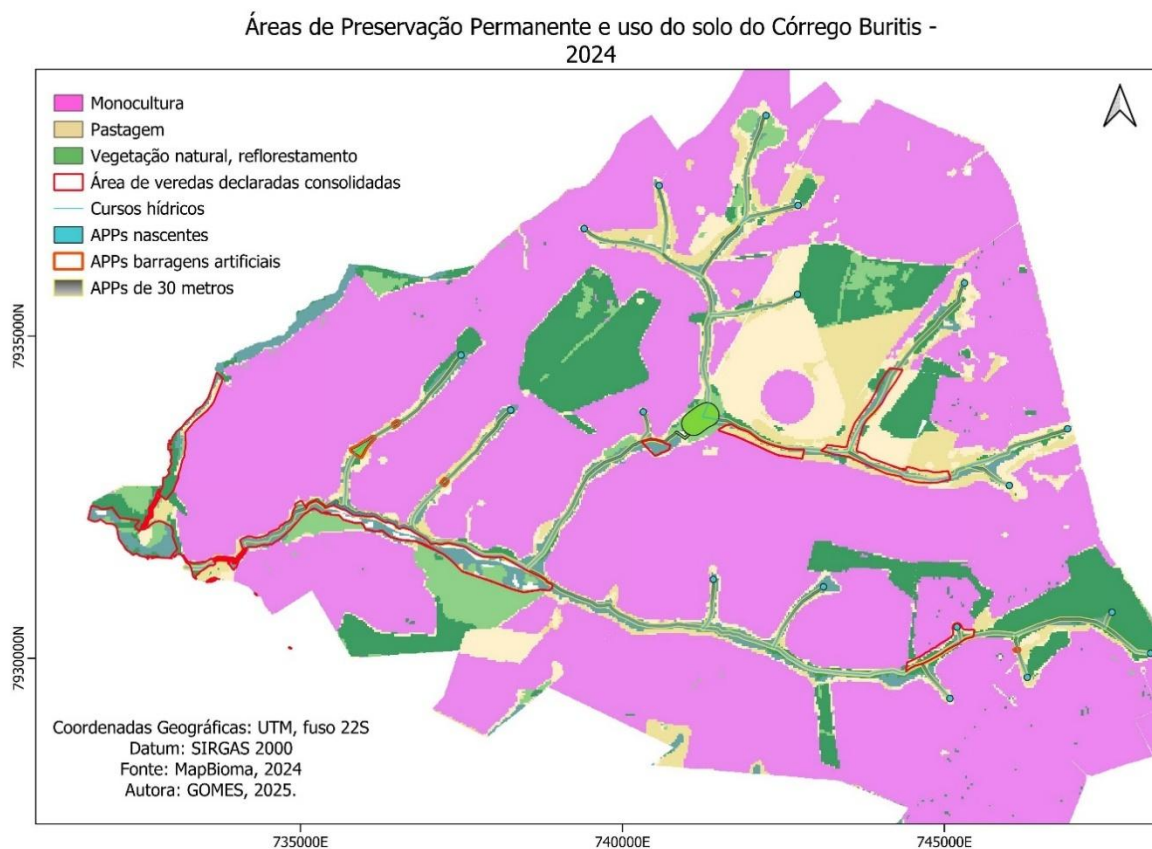


Fonte: Autora, 2025.

Segundo Mesquita et al., as áreas sensíveis vêm sofrendo grande degradação devido às pressões humanas, principalmente o avanço da agricultura, resultando em prejuízos significativos, como a redução do fluxo contínuo de cursos d'água, a fragmentação de corredores ecológicos, a erosão nas margens de rios e córregos, a perda de biodiversidade e a diminuição da capacidade de sequestro de carbono, comprometendo serviços ecossistêmicos essenciais para a regulação climática.

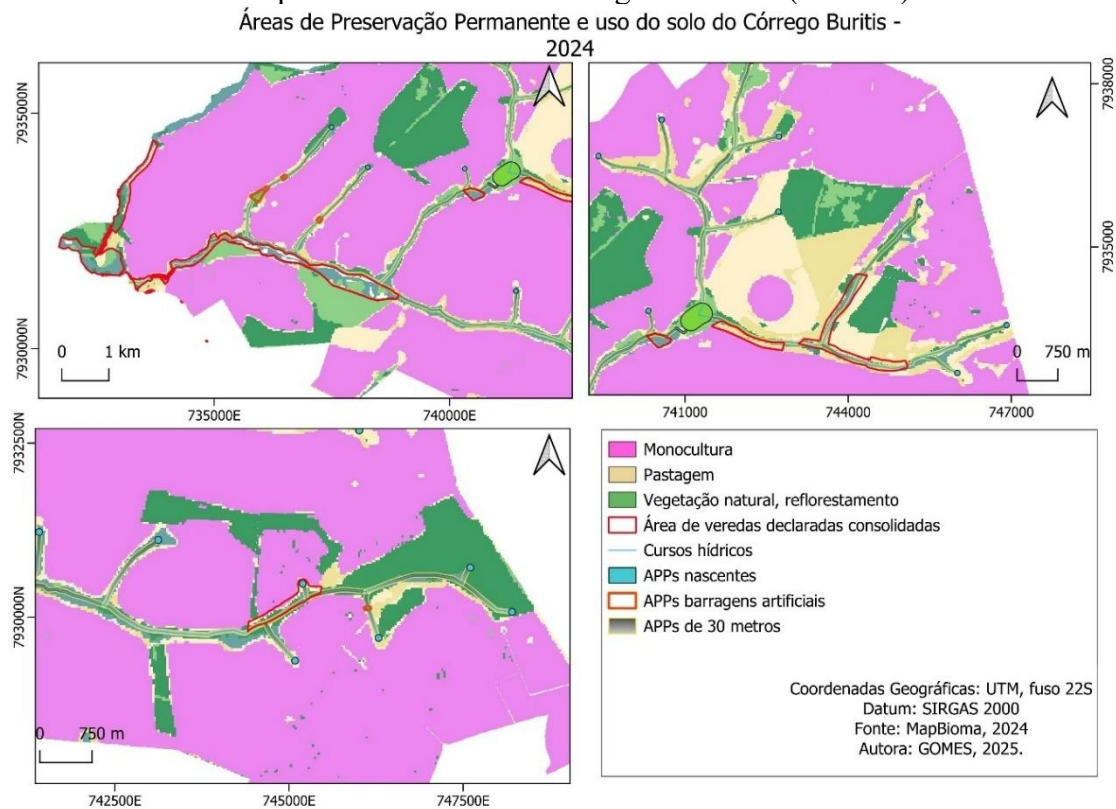
O córrego estudado evidencia esses impactos, com grande parte do solo ocupada por monoculturas (mapa 5 e 6), predominando plantações extensivas de cana-de-açúcar e soja. Essa prática é extremamente prejudicial, pois compromete a qualidade do solo devido à exaustão de nutrientes e exige maior aplicação de defensivos químicos, que podem contaminar o solo e os recursos hídricos, afetando organismos aquáticos e o equilíbrio ecológico local (Costa, 2021 apud Silva, 2011).

Mapa 5: Uso do solo do córrego Buritissss – 2024



Fonte: Autora, 2025.

Mapa 6: Uso do solo do córrego Buritissss (recortes) - 2024

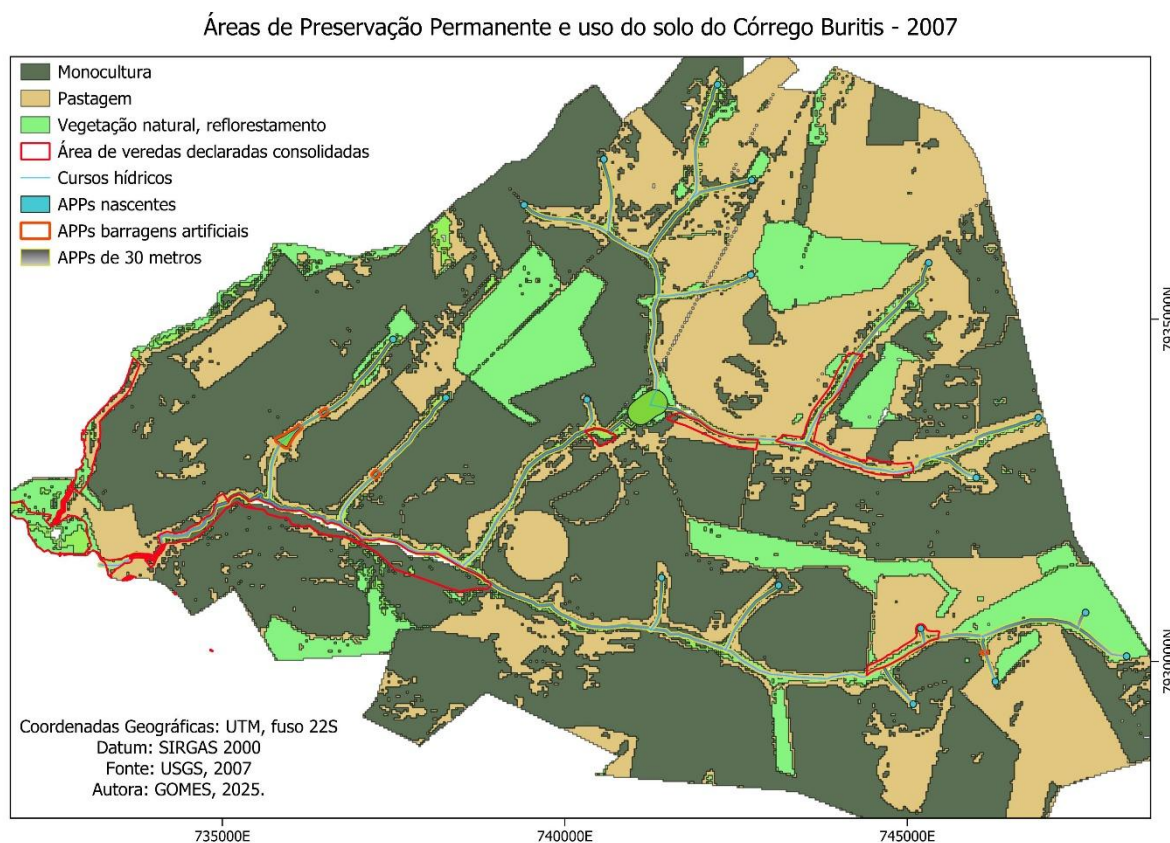


Fonte: Autora, 2025.

No córrego Buritissss, o represamento é utilizado para o abastecimento urbano, tornando essencial a preservação das APPs para manter a qualidade da água, reduzir custos de tratamento e garantir o reabastecimento dos cursos hídricos. A falta de fiscalização compromete, portanto, a saúde pública e ambiental da região.

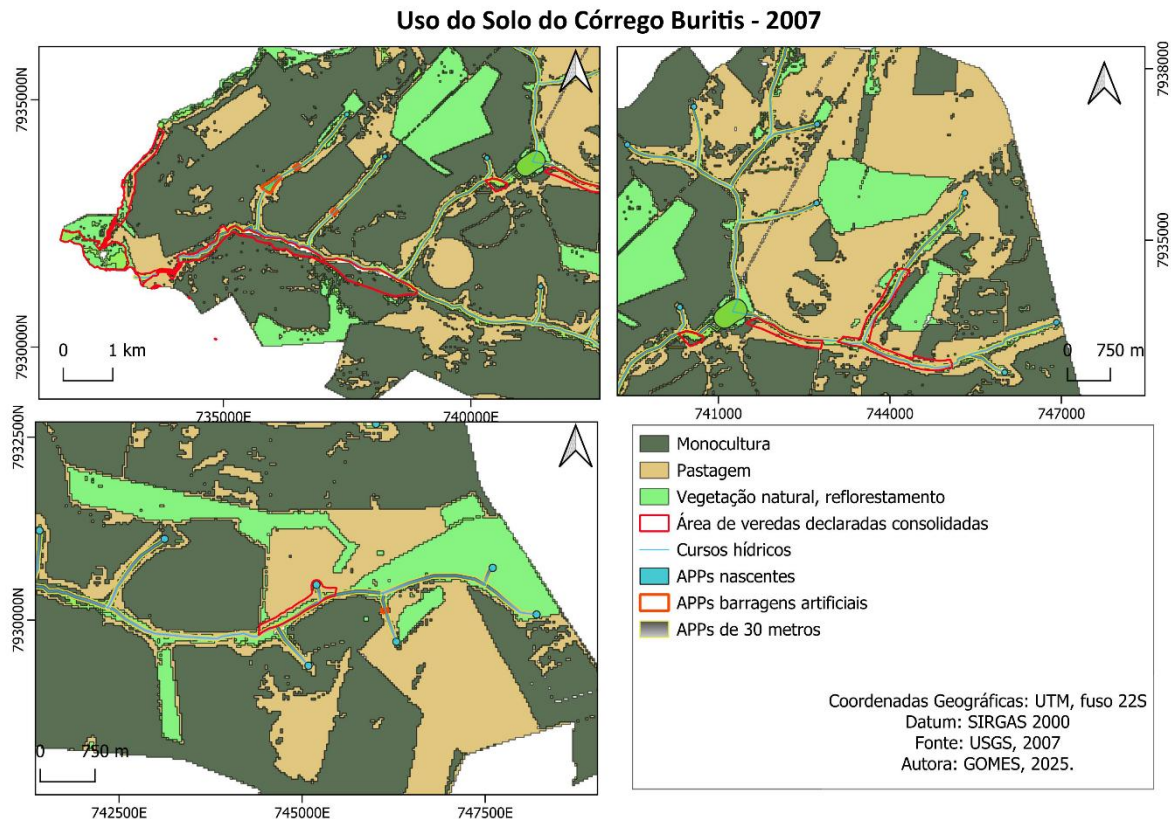
O Mapa 5 mostra que houve apenas uma melhoria mínima nas APPs em comparação a 2007 (mapa 7 e 8). Em algumas áreas, é perceptível uma diferença pequena no tamanho das faixas de preservação. Observa-se que, anteriormente, áreas de pastagem ocupavam grande parte das APPs, enquanto atualmente predominam plantações, que avançam cada vez mais próximas das faixas desprotegidas adequadamente.

Mapa 7: Uso do solo do córrego Buritissss – 2007



Fonte: Autora, 2025.

Mapa 8: Uso do solo do córrego Buritissss (ampliado) - 2007



Fonte: Autora, 2025.

As áreas de vereda registradas no CAR como passíveis de recomposição estão, em sua maioria, degradadas e ocupadas por pastagem. Apenas uma propriedade (representado como número um no mapa 2) está em conformidade com a legislação; nas demais, observa-se uso inadequado dos solos hidromórficos, que são essenciais para o reabastecimento do lençol freático. A compactação do solo causada pelo pisoteio de bovinos pode comprometer a infiltração de água e reduzir a capacidade de recarga hídrica.

CONCLUSÃO

A análise das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na bacia hidrográfica do córrego Buritissss, no município de Tupaciguara (MG), evidenciou que, apesar dos avanços promovidos pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR) e pelo novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), ainda há grandes desafios para a efetiva proteção e recuperação dessas áreas. Verificou-se uma melhoria mínima nas APPs em relação a 2007, o que demonstra que a aplicação prática do novo código florestal ainda é limitada pela falta de fiscalização e pela persistência de explorações irregulares.

A aplicação da “regra da escadinha” reduziu significativamente a largura das APPs, criando brechas legais que beneficiam proprietários em desconformidade e comprometem as funções ecológicas da vegetação ciliar. As análises espaciais mostraram que as áreas de pastagem, antes predominantes, foram substituídas por extensas monoculturas de cana-de-açúcar e soja, que se expandem sobre zonas frágeis próximas aos cursos d’água, intensificando a compactação do solo, a contaminação dos recursos hídricos e a redução da recarga do lençol freático.

As veredas, elementos fundamentais para a manutenção da dinâmica hídrica local, encontram-se, em sua maioria, degradadas e ocupadas por pastagens. Essa ocupação irregular compromete a infiltração da água no solo e ameaça o abastecimento público, já que o córrego Buritissss é utilizado para o consumo urbano. Sua preservação, portanto, é essencial não apenas pela relevância ecológica, mas também por representar um patrimônio natural indispensável à manutenção da qualidade de vida e à segurança hídrica do município.

As ferramentas de geoprocessamento mostraram-se essenciais para a análise, especialmente as ferramentas de software, o uso de imagens de satélite e dados georreferenciados, que possibilitaram o mapeamento e a comparação das APPs ao longo do tempo. Contudo, ainda existem barreiras metodológicas e técnicas, como a limitação da resolução espacial das imagens de satélite disponíveis, que não são adequadas para áreas pequenas, e a ausência de integração entre os dados do CAR e do INCRA, o que exige esforços adicionais de correção e cruzamento manual.

Apesar dessas limitações, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) demonstrou ser uma ferramenta indispensável para a gestão e o monitoramento ambiental, oferecendo um grande potencial para o aprimoramento de diagnósticos e o planejamento de ações de recuperação e conservação. As possibilidades oferecidas pelo geoprocessamento são amplas, mas sua eficácia depende diretamente da qualidade dos dados utilizados e da integração entre instituições públicas e privadas.

Conclui-se, portanto, que o geoprocessamento foi extremamente útil para o desenvolvimento deste estudo, permitindo uma análise precisa das áreas de APP e de sua conformidade legal. Ressalta-se, ainda, que a preservação do córrego Buritissss é de grande importância, tanto por seu valor ecológico quanto por sua função social de abastecer a cidade de Tupaciguara. A proteção dessas áreas deve ser tratada como prioridade, assegurando a

continuidade dos serviços ecossistêmicos, o equilíbrio ambiental e a segurança hídrica para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 maio 2002. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>. Acesso em: 25 jun. 2025
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 302, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 maio 2002. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=275>. Acesso em: 25 jun. 2025
- BRASIL. **Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).** Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br>. Acesso em: 10 set. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 25 jun. 2025.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (CAR).** Disponível em: <https://www.car.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2025.
- BRUNO, Leandro Obadowiski. **GRASS: A free and open source solution for hydrographic body analysis.** *Nativa, Sinop*, v. 5, n. 1, p. 24-30, Mar. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314236802_GRASS_A_free_and_open_source_solution_for_hydrographic_body_analysis. Acesso em: 10 set. 2025.
- CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (org.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.
- CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação.** 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 7-35
- COSTA, Nadja Maria Castilho da. **O geoprocessamento nos estudos de impactos ambientais: uma análise crítica.** *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 1, p. 45–56, jan./jun. 1997. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/21752>. Acesso em: 10 set. 2025.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Porto Alegre: Artmed, 2. ed., 2010.
- FILGUEIRA DE SÁ, Talita Freitas; COSTA FILHO, Jose Ferreira da; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; BRAGA JÚNIOR, Joel Martins. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2010. p. 1-4. Disponível em: <https://shre.ink/SistemaSIG> . Acesso em: [coloque a data de acesso].
- FREITAS, J. S. et al. **Novo Código florestal e a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos da floresta, da água e do solo.** *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, Málaga, ES, v. 2, n. 32, p. 01-20, 2016.

HINKEL, Rudnei. **Vegetação ripária: funções e ecologia**. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA). I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias. Anais. Alfredo Wagner, SC, 22 set. 2003. p. 40-48.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Quadro geográfico de referência para produção, análise e disseminação de estatísticas: hierarquia urbana**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://shre.ink/SVok>. Acesso em: 5 abril. 2025.

JACINHO, Luiz Roberto de Campos. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos**, São Paulo-SP. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeológicos) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LILLESAND, Thomas M.; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan W. **Remote sensing and image interpretation**. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

LIMA, W. de P. **Função hidrológica da mata ciliar**. In: SIMPÓSIO SOBRE MATAS CILIARES, 1989, Campinas, SP. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1989. (PEGUEI EMBRAPA)

MAPBIOMAS. **Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Coleção 9.0. São Paulo: MapBiomass, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/mapbioma>. Acesso em: 8 jun. 2025.

MARTINS NETO, Francisco Ferreira; ALVES, Matheus Oliveira. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto**. 1. ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

NETELER, Markus; MITASOVA, Helena. **Open Source GIS: A GRASS GIS Approach**. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. **A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais**. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: UESC, 2002. p. 17-36.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (Orgs.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 87–127. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136069/1/fitofisionomias-do-Bioma-Cerrado-2.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2025.

ROSA, Roberto. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento, 2013. Disponível em: https://www.kufunda.net/publicdocs/Apostila_Geop_rrosa.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

SILVA, Fabrício Costa; BISI, Florença Nunes. **Introdução ao Geoprocessamento**. Vitória: Escola de Serviço Público do Espírito Santo, 2018. Disponível em:

<https://esesp.es.gov.br/Media/esesp/Apostilas/Geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

SOUZA, Elisângela Pereira de; MELO, Tainá Damasceno; SANTOS, Jeandra Pereira dos; ARAÚJO, Bequiane Pereira de; LEITE, Antônio Celso de Sousa. **Uso do geoprocessamento aplicado à análise ambiental de um empreendimento de um posto de combustível no município de Parnaguá-PI**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, VII, Campina Grande/PB, 21 a 24 nov. 2016. Anais... São Paulo: IBEAS, 2016. Disponível em: <https://shre.ink/IBEAS>. Acesso em: 08 set. 2025

TUPACIGUARA (MG). **Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico Técnico Participativo**. Tupaciguara: Prefeitura Municipal, 2014. Disponível em: <https://shre.ink/SVWU>. Acesso em: dia mês ano.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat 5. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>. Acesso em: 5 set. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat 9. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>. Acesso em: 4 set. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat Normalized Difference Vegetation Index. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>. Acesso em: 10 julh.. 2025.