

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

LUCAS SPNELLI SOUZA SILVA

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA SUB-
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO SAPÉ, SUL DE MINAS GERAIS**

ALFENAS/MG

2023

LUCAS SPNELLI SOUZA SILVA

**EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA SUB-
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO SAPÉ, SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato

ALFENAS/MG

2023

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Spnelli Souza Silva, Lucas .

Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais / Lucas Spnelli Souza Silva. - Alfenas, MG, 2023.

44 f. : il. -

Orientador(a): Ronaldo Luiz Mincato.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2023.

Bibliografia.

1. Áreas de preservação permanente. 2. Uso da terra. 3. Degradação. 4. sensoriamento remoto. 5. Classificação de imagens. I. Mincato, Ronaldo Luiz, orient. II. Título.

LUCAS SPNELLI SOUZA SILVA

“ Evolução Espaço-Temporal do Uso e Cobertura da Terra na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais ”

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 14 de dezembro de 2023.

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)

Prof. Dr. Vinícius Borges Moreira

Instituição: Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Prof. Dr. Felipe Gomes Rubira

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)



Documento assinado eletronicamente por **Ronaldo Luiz Mincato, Professor do Magistério Superior**, em 14/12/2023, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1157160** e o código CRC **52930CF5**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me sustentou no caminhar deste trajeto;

A minha família que sempre me apoiou;

Ao Prof. Dr. Ronaldo Mincato pela oportunidade, atenção, paciência e ensinamentos;

Aos membros da banca pelas avaliações e contribuições.

RESUMO

As mudanças realizadas pelo homem no meio ambiente para uso e ocupação da terra tem causando danos enormes a qualidade ambiental, tais mudanças tem contribuído cada vez mais para a degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e dos recursos hídricos. Objetivou-se neste trabalho identificar os usos da terra na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Sapé, nos anos de 2008, 2012, 2016 e 2021, delimitar as áreas de preservação permanente (APP), das nascentes e cursos d'água e analisar as áreas de conflito considerando os critérios estabelecidos pela legislação brasileira Lei nº 12.651, de 25 maio de 2012. A classificação do uso da terra foi realizada no software QGIS 3.16, utilizando de imagens de satélite Landsat. após o mapeamento do uso da terra constatou-se que no ano de 2008 a área conflitante era (33%), 2012 (83%), 2016 (91%) e 2021 (98%). As classes mais predominantes em toda a área da sub-bacia foram a pastagem e o café.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente; uso da terra; degradação; sensoriamento remoto; classificação de imagens

ABSTRACT

The changes carried out by man in the environment for the use and occupation of land have caused enormous damage to environmental quality, such changes have increasingly contributed to the degradation of natural resources, mainly soil and water resources. The objective of this work was to identify the uses of land in the Ribeirão do Sapé sub-basin, in the years 2008, 2012, 2016 and 2021, to delimit the permanent preservation areas (APP), springs and watercourses and to analyze conflict areas considering the criteria established by Brazilian legislation law no. 12,651, of May 25, 2012. The classification of land use was carried out in the QGIS software, using Landsat satellite images. After mapping land use, it was found that in 2008 the conflicting area was (33%), 2012 (83%), 2016 (91%) and 2021 (98%). The most predominant classes throughout the sub-basin area were pasture and coffee.

Keywords: permanent preservation areas; land use; degradation; remote sensing; image classification

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mudanças ocorridas na lei nº 12.651/12 em relação ao não cumprimento da legislação comparadas com a lei anterior nº4.771/65	20
Figura 2 -	Mapa de localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, localizada nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil	25
Figura 3 -	Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2008	28
Figura 4 -	Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2012	29
Figura 5 -	Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2016	30
Figura 6 -	Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2021	30
Figura 7 -	Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé ano 2016	32
Figura 8 -	Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé no ano de 2019	32
Figura 9 -	Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé no ano de 2023	33
Figura 10 -	Qualidade de pastagem na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé ano 2016	34
Figura 11 -	Áreas com presença de pastoreio	34
Figura 12 -	Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, sul de Minas Gerais, ano 2008	35
Figura 13 -	Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação	

	permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2012	36
Figura 14 -	Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2016	36
Figura 15 -	Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2021	37
Figura 16 -	Porcentagem de uso nas áreas de preservação permanente (APP) na sub-bacia Ribeirão do Sapé, localizada nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil	37
Figura 17 -	Curso d'água com ausência de APP	39
Figura 18 -	Área de conflito de uso	39
Figura 19 -	Nascente sem APP no seu entorno	40
Figura 20 -	Curso d'água com acúmulo de sedimentos	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Título da tabela	22
Tabela 2 - Título da tabela	26
Tabela 3 - Título da tabela	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRS	Indian Remote Sensing Satellite
NASA	National Aeronautics and Space Administration
REM	Radiação eletromagnética
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre
RESURS	Russian commercial earth observation satellites
RL	Reserva Legal
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	DESENVOLVIMENTO.....	18
2.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1.1	O Código Florestal.....	18
2.1.2	Sensoriamento Remoto.....	21
2.1.2.1	Satélites.....	22
2.1.2.2	Comportamento espectral dos alvos.....	23
2.1.2.3	Classificação de imagens.....	24
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.2.1	Caracterização da área de estudo.....	25
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem ganhado destaque nos últimos anos entre estudiosos do mundo inteiro. As ações antrópicas estão afetando cada vez mais o ambiente global, incluindo o clima da terra. Essas mudanças influenciam as quantidades e distribuições espaciais e temporais das precipitações nas bacias hidrográficas e, os processos hidrológicos, como o escoamento superficial e a infiltração (Santos; Reis; Mendiando, 2020).

O homem tem alterado drasticamente a superfície terrestre para atender suas necessidades e expandir seu território. A retirada e a exploração exaustiva da vegetação têm resultado na degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e dos recursos hídricos. O desmatamento da cobertura vegetal em regiões importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental gera sérios problemas em curto ou longo prazo (Beppler; Justino, 2017).

Quintão *et al.* (2021) afirma que entre os anos de 2010 e 2015 o país que mais sofreu perdas significativas em sua cobertura florestal foi o Brasil. A cobertura florestal absorve o dióxido de carbono (CO₂) e armazena o carbono em sua biomassa, contribuindo na regulação climática. Com o desmatamento o solo fica exposto e a matéria orgânica se decompõe liberando (CO₂) para a atmosfera. A ausência da cobertura florestal também causa a erosão e lixiviação dos solos e diminuição de recarga dos aquíferos (Quintão *et al.* 2021).

O Código Florestal brasileiro constitui um importante instrumento legal na proteção da vegetação original no entorno de nascentes e margens dos rios. O código define áreas de preservação permanente (APP) e Reserva Legal (RL) sendo aquelas que tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

A intensificação das atividades antrópicas sobre áreas legalmente protegidas fere as normas do código, que nem sempre são respeitadas, e assim estas áreas estão sendo cada vez mais degradadas. A substituição da vegetação natural para a expansão da urbanização e da agropecuária estão dando origem as chamadas áreas de conflitos (Kreitlow *et al.*, 2016).

O uso de geotecnologias como o sensoriamento remoto tem sido um importante instrumento utilizado para o monitoramento e levantamento de uso e

cobertura da terra, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (Latuf *et al.*, 2022). Em um contexto global fornecem subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais, a exemplo das análises de mudanças no uso e cobertura da terra (Derdouri *et al.* 2021). De acordo com Rosendo (2005) em análises ambientais a utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento têm se tornado uma prática cada vez mais frequente. Em estudos do uso da terra e da cobertura vegetal, tais técnicas contribuem de modo expressivo devido à rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação (Derdouri *et al.* 2021).

Nesta perspectiva, o objetivo deste estudo é analisar espaço-temporalmente a cobertura e uso da terra na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, e os conflitos recorrentes de uso em áreas de APP, nos anos de 2008, 2012, 2016 e 2021. A escolha dos anos se justifica pela definição de áreas de uso consolidado como disposto no novo Código Florestal, Lei n.º 12.651/2012, que se constitui como área do imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, em outras palavras, área rural consolidada é aquela que, até 22/07/2008, teve sua vegetação natural modificada pela ação do homem, não sendo necessária sua recomposição original.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

2.1.1 O Código Florestal

O primeiro código florestal brasileiro, estabelecido em 23 de janeiro de 1934 por meio do decreto 23.793/34 foi sancionado pelo presidente Getúlio Vargas, com o objetivo principal de normatizar o uso das florestas (Brasil, 1934). As preocupações que justificaram a edição do código de 1934, se baseavam na realidade socioeconômica e política da sociedade brasileira naquela época. A população concentrava-se próximo a capital da república, cidade do Rio de Janeiro, Estado do Guanabara. A cafeicultura crescia pelos morros que constituem a topografia do vale do Paraíba, substituindo a vegetação nativa. A utilização das terras para a criação de gado se fazia de forma exaustiva e com a mínima técnica. No restante do país a atividade florestal era fundamentada no mais puro extrativismo. Diante deste cenário, o poder público decidiu intervir, estabelecendo limites. A intervenção foi a materialização do primeiro código florestal, o de 1934. (Brasil, 1934).

A referida Lei trazia alguns artigos importantes, demonstrando a preocupação de preservação em determinadas áreas, a exemplo o art. 4º que apresentava o conceito de florestas protetoras:

Art.4 – serão consideradas florestas protetoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para qualquer dos fins: conservar o regime das águas; evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; fixar dunas; auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado pela necessidade das autoridades militares; assegurar condições de salubridade pública; proteger sítios que por sua beleza mereçam ser conservados; asilar espécimes raros de fauna indígena (Brasil, 1934, p. 01).

A ascensão da mecanização da agricultura no ambiente rural alcançou os limites legais estabelecidos pelo código florestal 23.793/34 e os proprietários rurais começaram a sentir tais restrições, visto que, a Lei também trazia responsabilidades civil e penal ao infrator ambiental. As pressões econômicas impostas por um modelo de desenvolvimento agroindustrial insustentável, e a ausência de uma delimitação mais específica de áreas de preservação resultou na elaboração do segundo código (Silva *et al.*, 2010).

Assim, o código foi revogado pela Lei nº4.771 de 15 de setembro 1965, neste

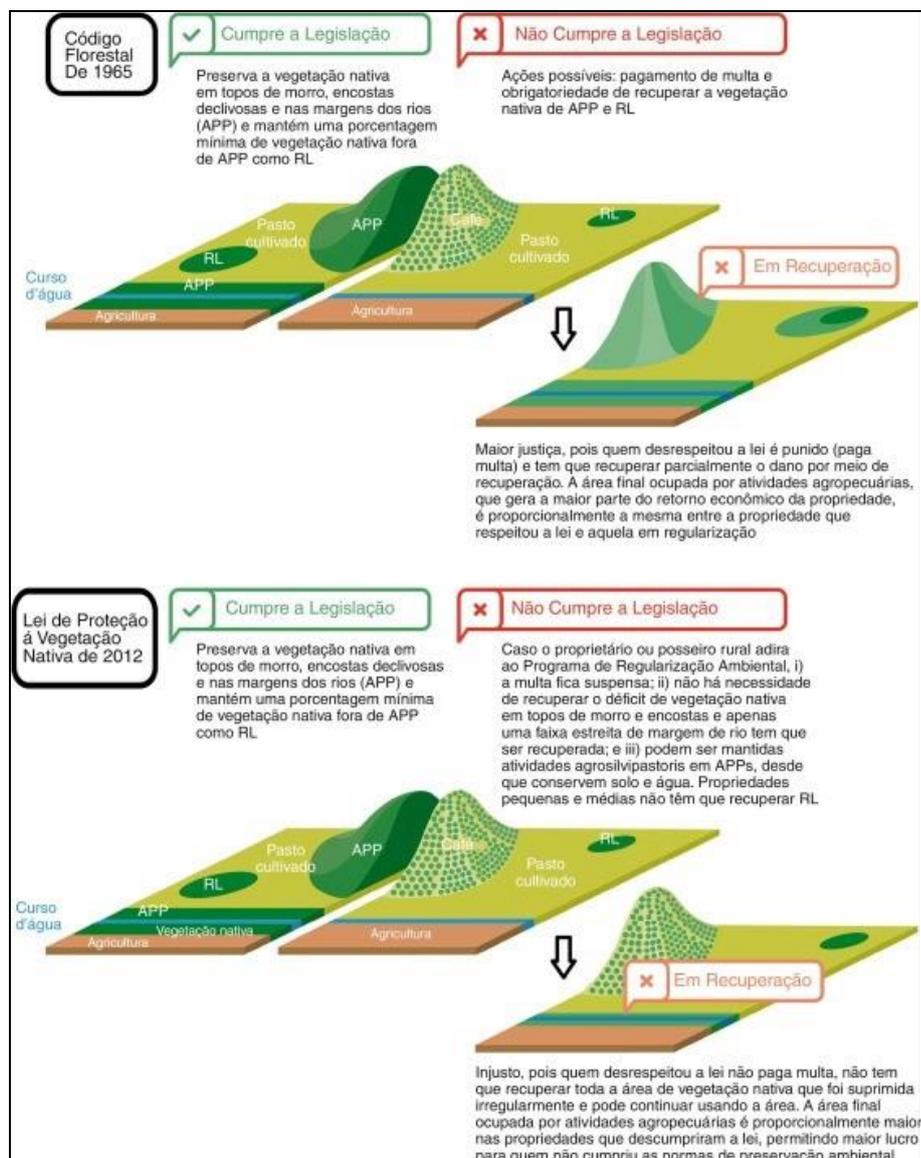
segundo código foi definido o que seria áreas de preservação permanente (APP), sendo, as florestas e demais formas de vegetação situadas as margens dos cursos d'água e em entorno de nascentes e a delimitação das mesmas (Brasil, 1965). Essa definição, todavia, trouxe interpretações equivocadas, considerando que para existir APP teria que existir a floresta, ao contrário não seria enquadrado como APP. Apenas em 2001, com a publicação da medida provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001, que altera dispositivos da Lei nº 4.771/65, o conceito de área de preservação permanente passou a ser vinculado apenas a área em si (com ou sem vegetação nativa) (Alencar, 2016).

O terceiro e atual Código Florestal Lei nº 12.651, de 25 maio de 2012, foi sancionado pela presidência da república, que vetou alguns pontos da Lei e alterou alguns artigos. Conforme a Lei 12.651/2012, entende-se por área de preservação permanente:

áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (Brasil, 2012, p. 01).

A Lei 12.651/2012 manteve esse conceito de APP, porém traz definição de áreas de uso consolidado, que se constitui como área do imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, ou seja, área de uso consolidado é aquela que, até 22/07/2008, teve sua vegetação natural modificada pela ação do homem, não sendo necessária sua recomposição original, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Mudanças ocorridas na lei nº 12.651/12 em relação ao não cumprimento da legislação comparadas com a lei anterior nº4.771/65.



Fonte: Brancalion *et al.* (2016, p. 8).

Segundo o Artigo 4º do Código Florestal atual consideram-se áreas de preservação permanente:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do Leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de (10) dez metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600(seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja a situação topográfica, no raio mínimo de 50(cinquenta) metros”;

[...] IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100(cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente, ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação"; e

[...] XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50(cinquenta) metros, a partir do espaço permanente brejoso e encharcado" (Brasil, 2012, p. 01).

Antes as áreas de preservação permanente de um rio eram dimensionadas a partir de seu nível máximo Lei nº 4.771/65 e na atual nº 12.651/2012 é a partir do Leito regular (Brasil, 2012). Para Abes (2012) com a exclusão das áreas de várzeas que são aquelas áreas onde a água ocupa no período das cheias reduzira drasticamente a proteção dos rios, pois são áreas importantes no aspecto da manutenção do equilíbrio da dinâmica do sistema hídrico e do equilíbrio ecológico.

De acordo com Silva *et al.* (2011) com a redução das APP surgiram diversos impactos negativos: na proteção dos recursos hídricos; na extinção de grupos de plantas e animais; o aumento de CO₂; redução dos serviços ecossistêmicos e assoreamento dos rios. Outro aspecto relevante é que antes na Lei nº 4.771/65 eram consideradas APP as nascentes e olhos d'água perenes e intermitentes e na Lei 12.651/2012 exclui-se o caráter intermitência prejudicando a proteção dos recursos hídricos uma vez que estas áreas podem ser ocupadas (Abes, 2012).

2.1.2 Sensoriamento Remoto

O termo sensoriamento remoto (SR) consiste em um conjunto de técnicas atribuídas a obtenção de informações sobre objetos, sem que haja contato físico com eles (Novo; Ponzoni, 2001). Para Meneses e Almeida (2012, p. 3) "é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres".

O processo de aquisição de informações usando o SR se dá por meio de alguns elementos básicos. De acordo com Centeno (2004), estes elementos são:

a energia eletromagnética (1); uma fonte de emissão de energia (2); a propagação da energia (3); a interação da energia com a superfície dos objetos (4); o sistema sensor encarregado de medir a energia refletida (5); os sistemas de transmissão e recepção dos dados na terra (6) e a fase de interpretação para a geração de informações úteis ao usuário final (7)

(Centeno, 2004, p. 5).

A radiação eletromagnética (REM) interage de modo diferente com cada tipo de alvo. Estas diferenças são determinadas pelas propriedades físico-químicas dos objetos ou feições terrestres. Assim, cada alvo terrestre tem sua própria assinatura espectral, absorvendo ou refletindo de modo diferente cada uma das faixas do espectro da luz incidente. A REM capta as informações pertinentes as principais características das feições terrestres, assim como também as levam até os satélites (Figueiredo, 2005).

A faixa de comprimento de onda e de frequência da (REM) é chamado de espectro eletromagnético. A energia de algumas dessas faixas pode ser manipulada através de equipamentos ópticos. Assim, uma subdivisão do espectro corresponde aos comprimentos de ondas da região óptica, nesta região encontra-se a região visível, junto com parte do infravermelho (Centeno, 2004).

Segundo Liu (2007), gases e aerossóis presentes na atmosfera impossibilitam que a radiação solar chegue totalmente à superfície terrestre. Contudo, existem faixas do comprimento de onda eletromagnética que permitem que essa radiação chegue quase que totalmente a superfície. Essas faixas correspondem a ultravioleta e visível (0,30 a 0,75 μm), infravermelha próxima (0,77 a 0,91 μm), infravermelha termal (8 a 9,2 e 10,2 a 12,4 μm) e micro-ondas (7,5 a 11,5 mm e > 20 mm), e são chamadas de janelas atmosféricas.

Por meio desses produtos de sensoriamento remoto se tem informações sobre mudança de cobertura e uso do solo ocorrida em determinados períodos (Campos *et al.*, 2019).

2.1.2.1 Satélites

Em 1972 foi lançado o primeiro satélite para a observação dos recursos naturais terrestres, o ERTS (Earth Resources Technology Satellite) lançado pela Agência Espacial Americana (NASA), sendo renomeado mais tarde para LANDSAT-1. (Figueiredo, 2005). Com o lançamento do satélite LANDSAT-1 deu-se início ao sensoriamento remoto orbital. Desde então sua evolução é marcada por sensores cada vez mais confiáveis e temáticos (Hemati *et al.*, 2021).

Diante do sucesso das informações obtidas por meio do sensoriamento remoto do programa LANDSAT surgiram muitos outros programas de satélites em

diversos países como: França (SPOT), Índia (IRS) e Rússia (RESURS) e no Brasil em parceria com o governo chinês em 6 de julho de 1988, o programa CEBERS (China-Brasil Earth Resources) (Marino, 2006).

Para Almeida (2010) com a evolução da resolução espacial das imagens de satélites ao longo de décadas os estudos de classificação urbana, não urbana e de impactos ambientais ganharam com excelência devido a um maior detalhamento das imagens. Conforme Leite e Rosa (2012) as informações de uso e cobertura da terra se torna acessível através de uma imagem de satélite, permitindo a visualização e identificação direta dos elementos ali geometricamente apresentados. Ao ser sintetizado através de mapas o uso e ocupação da terra indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica podendo ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre (Leite; Rosa, 2012).

Desde modo os satélites de monitoramento terrestre contribui na coleta de dados (quantitativos e qualitativos) sobre o grau de degradação ao meio. Assim, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido um importante meio de viabilizar os estudos ligados às questões ambientais, à medida que as interpretações de dados geram mapas de recursos naturais (Hemati *et al.*, 2021).

Estudos que analisam a mudança de uso e cobertura da terra são importantes, pois a partir deles se tem um entendimento melhor sobre o processo de alteração do espaço geográfico e da necessidade de compreensão da fragilidade das terras e dos recursos naturais (Turetta, 2011).

2.1.2.2 Comportamento espectral dos alvos

O comportamento espectral de um alvo se configura como sendo a refletância deste alvo ao longo do espectro eletromagnético, cada objeto tem sua interação diferenciada por apresentarem diferentes propriedades físico-químicas e biológicas. Com base nestas interações é feita a distinção e o reconhecimento dos diversos objetos (Moraes, 2002).

A vegetação tem as absorções na faixa do visível decorrente da clorofila responsável pela fotossíntese, no infravermelho próximo devido à água na estrutura celular e no infravermelho médio recorrente da presença de água livre nas folhas das plantas. A reflectância dos solos é definida a partir dos seus constituintes, sendo

eles, a constituição mineral, matéria orgânica, umidade e granulometria (Dalmolin *et al.*, 2005). O aumento de matéria orgânica diminui a resposta espectral. A água sem material particulado em suspensão apresenta absorção na faixa do infravermelho próximo e médio (Jensen, 2009).

2.1.2.3 Classificação de imagens

O olho humano consegue discriminar mais facilmente matizes de cores do que tons de cinza, sendo assim, para uma boa identificação e discriminação dos alvos terrestres através do método visual se utiliza a composição colorida de imagens (Barros *et al.*, 2016). A composição colorida é produzida atribuindo-se as cores primárias (vermelha, verde e azul) a três bandas espectrais quaisquer, conhecido também como composição RGB (Figueiredo, 2005).

A classificação de imagens em sensoriamento remoto se baseia na associação de pontos de uma imagem a uma classe ou grupos de classes. Tais classes representam as feições e alvos terrestres, assim como: água, área urbana, floresta, entre outros. É um processo de reconhecimento de grupos cujo os membros exibem características comuns (Rosa, 2013).

Para Crósta (1992), a classificação digital de imagens em sensoriamento remoto se refere a associação de cada pixel da imagem a um “rótulo” fazendo a descrição de um objeto real (solo, água, vegetação). Assim, os valores numéricos associados cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são reconhecidos em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada, intitulados então de temas (Crósta, 1992).

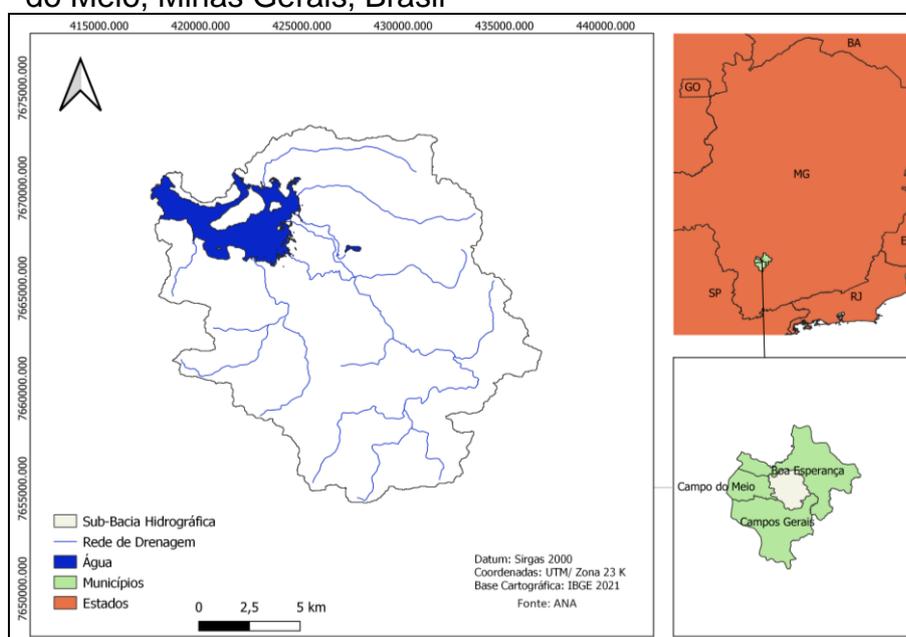
A classificação de imagens digitais pode ser dividida em supervisionada e não supervisionada. Na classificação supervisionada, o usuário extrai pequenas amostras das classes de interesse na imagem e treina o algoritmo para distinguir cada classe uma da outra. Posteriormente o computador realiza a tarefa de localizar os demais pixels pertencentes aquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida. Por outro lado, na não supervisionada o computador que decide, baseado também em regras estatísticas, quais as classes a serem separadas e quais os pixels pertencentes a cada uma (Crósta, 1992).

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, entre as coordenadas 21° 07' 47" S, 45° 41' 59" W, localizada nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, com uma área de total de 21.995 ha (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, localizada nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Do autor (2023).

Na classificação do uso e cobertura da terra foi utilizado o software QGIS 3.16 e imagens de satélites LANDSAT (Tabela1). As imagens foram adquiridas do catalogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), após serem descompactadas foram importadas para o software QGIS 3.16 e realizado a composição colorida RGB. Para o LANDSAT 5 e 7 as bandas foram R (5) G (4) B (3), para o LANDSAT 8 R (6) G (5) B (4), posteriormente foi feito o georreferenciamento das imagens no sistema de Coordenadas Geográficas, Datum Sirgas 2000.

Tabela 1 - Descrição dos Satélites que foram feitas a aquisição das imagens

	2008	2012	2016	2021
Satélite	Landsat 5	Landsat7	Landsat 8	Landsat 8
Sensor	TM	ETM	OLI	OLI
Órbita/ponto	219/75	219/75	219/75	219/75
Data de obtenção	17/07/2008	08/06/2012	02/04/2016	16/04/2021

Fonte: Do autor (2023).

Utilizamos a classificação supervisionada, por meio do algoritmo máxima verossimilhança, através do complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). A classificação supervisionada é executada com base no conhecimento do usuário da área, que, previamente seleciona as classes de interesse e fornece ao programa os padrões espectrais típicos dessas classes (Shimabukuro; Ponzoni, 2017).

A classificação supervisionada possibilita reconhecimento de áreas distintas em uma imagem de satélite por meio da segmentação em classes específicas, sendo seu processo feito a partir da seleção manual de algumas amostras e a geração da assinatura espectral de cada classe. Posteriormente é realizada a classificação pixel a pixel da imagem, através do reconhecimento da assinatura espectral (Barros; Pamboukian, 2015).

O algoritmo de máxima verossimilhança realiza a classificação conforme descrito por Piroli (2010):

valores de refletância de uma área de treinamento são descritos por uma função de densidade de probabilidade, baseada na estatística bayesiana. Este classificador verifica a probabilidade que um pixel tem de pertencer a uma determinada classe e o classifica na categoria que tiver maior probabilidade. (Piroli, 2010, p. 39).

A fim de avaliar a qualidade da classificação utilizou-se da estatística do índice Kappa. Trata-se de um método que mede a qualidade final do mapa produzido com base na imagem de satélite utilizada para a classificação (Nery; Oliveira; Abreu, 2013). A qualidade é baseada conforme os valores da Tabela 2.

Tabela 2 - Qualidade da classificação associadas aos valores da estatística Kappa

(Continua)	
Valor Kappa	Qualidade do mapa temático
<0,00	Muito ruim
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável

(Conclusão)	
Valor Kappa	Qualidade do mapa temático
0,40 – 0,60	Bom
0,60 – 0,80	Muito Bom
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Nery; Oliveira; Abreu (2013, p. 5)

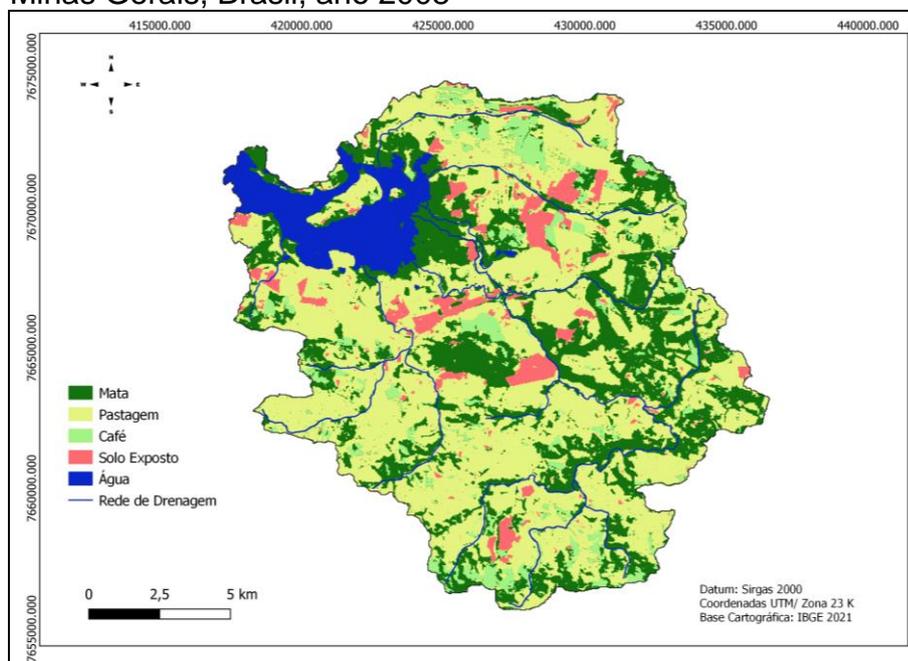
Os valores Kappa foram 0,58 (2008), 0,45 (2012), 0,52 (2016) e 0,40 (2021) respectivamente. Ao realizar um análise visual das imagens de satélite com os resultados gerados, foi possível notar uma confusão de classificação onde as classes mata e café não foram distinguidas pelo classificador. Em certos pontos o que era café foi classificado como mata e vice e versa. Pós-processamento, os erros foram corrigidos manualmente com auxílio das próprias imagens de satélites e do Google Earth.

As áreas de preservação permanente foram delimitadas por meio da geração de *buffer's*, através do software QGIS, seguindo a legislação do Novo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012). Os buffers são áreas de influência criadas a partir de uma feição (linha, ponto ou polígono) sendo está definida pelo usuário (Guo *et al.*, 2020). Foram consideradas as APP ao longo dos cursos d'água e das nascentes, sendo extraída a rede de drenagem através do catálogo de metadados da Ana em escala de 1.50.000. Para a identificação das áreas de conflito das APP foi realizada a tabulação cruzada dos mapas de uso e cobertura da terra com o mapa das APP.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a classificação das imagens de satélites foi possível mapear 6 classes de uso e cobertura da terra na área de estudo: pastagem, mata, solo exposto, café, eucalipto e água nos anos 2008, 2012, 2016 e 2021 (Figuras 3, 4, 5 e 6).

Figura 3 - Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2008

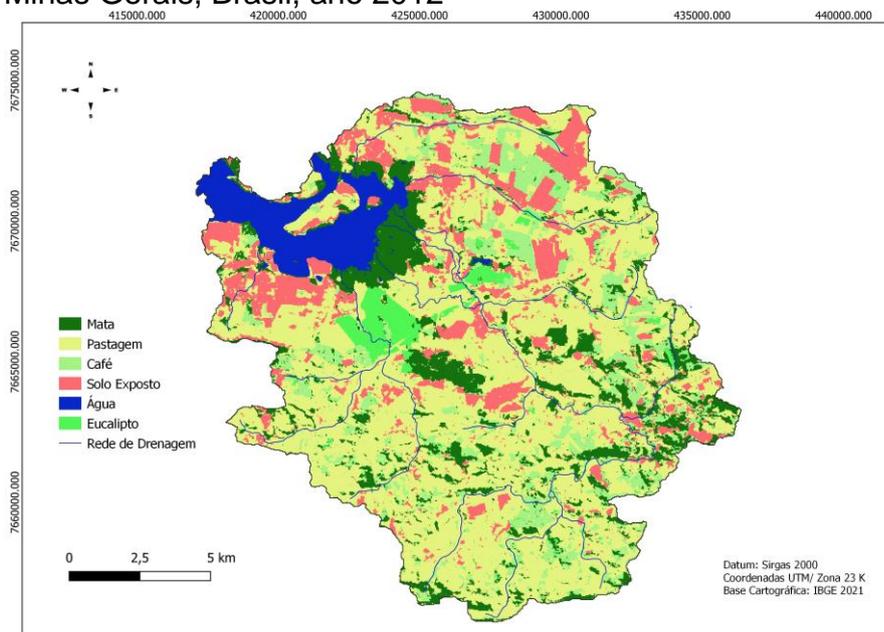


Fonte: Do autor (2023).

Considerando que o código florestal constituiu área rural consolidada até 22/07/2008, através da classificação do ano de 2008 na respectiva data comparados com as dos anos seguintes foi possível analisar a aplicabilidade do atual código florestal.

Por se tratar de uma sub-bacia em ambiente rural com predominância de atividades agrícolas, a classe solo exposto pode ser detectada em todos os anos estudados. Conforme Lense *et al.* (2023) a taxa de erosão em ambientes rurais são elevadas devido aos terrenos que são deixados descobertos durante uma boa parte do ano quando estão sendo preparados para o plantio. No ano de 2012 houve um crescimento da classe café (13%) em comparação ao de 2008 que era (4%), outra mudança que pode ser observada é o surgimento da classe eucalipto visto que não foi detectada em 2008, aparecendo somente em 2012 (Figura 4).

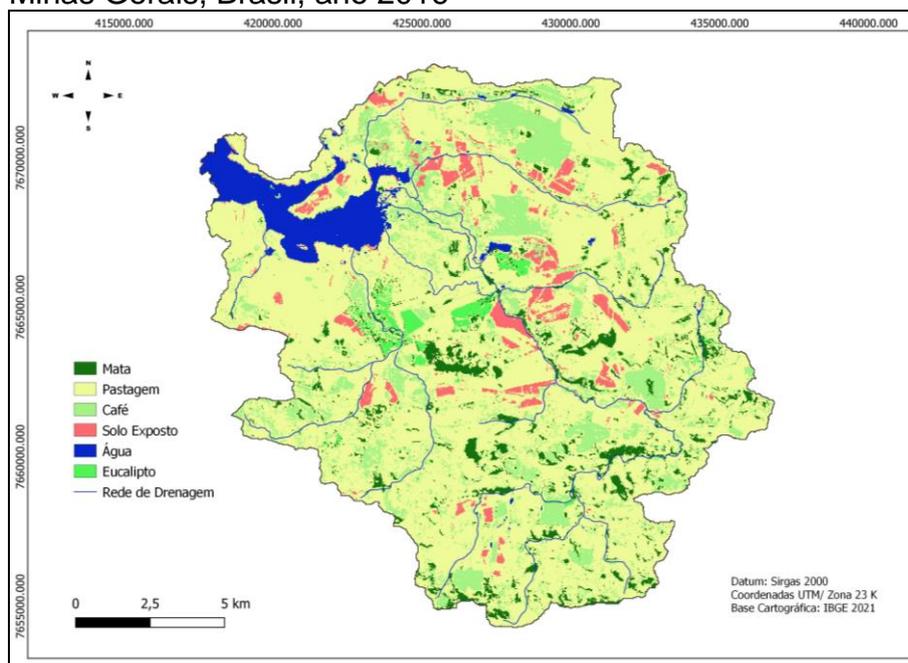
Figura 4 - Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2012



Fonte: Do autor (2023).

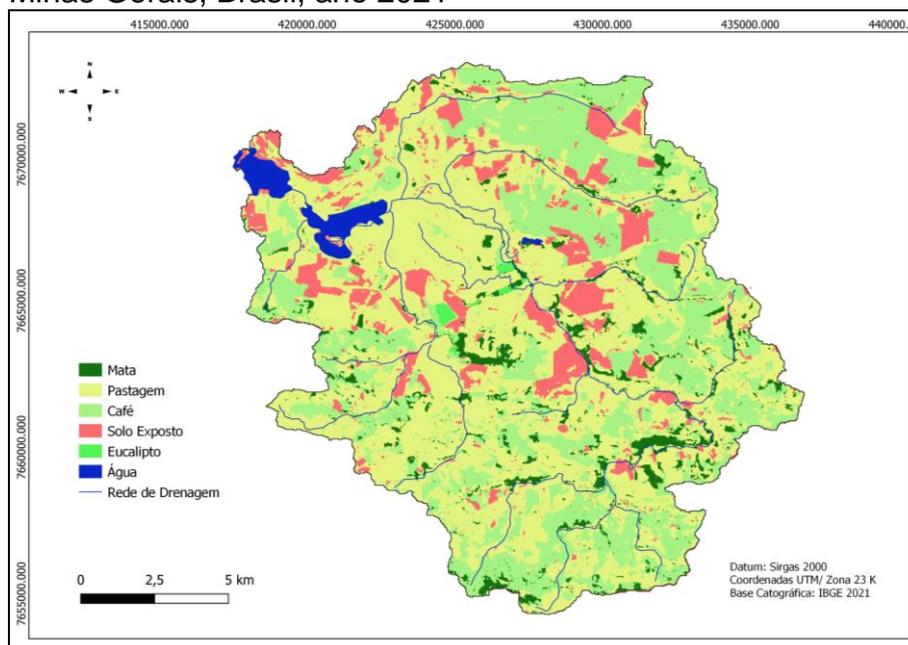
De 2012 para 2016 a classe café apresentou um crescimento de (2%), e em 2021 esse percentual passou para (17%), podendo também ser observado nos mapas de uso e ocupação da terra o avanço dessa cultura na sub-bacia (Figuras 5 e 6).

Figura 5 - Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2016



Fonte: Do autor (2023).

Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da terra na sub-bacia do rio Ribeirão do Sapé, nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil, ano 2021



Fonte: Do autor (2023).

Para Cansi *et al.* (2019) a retirada da cobertura florestal para o uso da terra nas proximidades dos cursos d'água causa a poluição da mesma através de concentrações excessivas de matéria orgânica fator este que causa a eutrofização da água e por produtos químicos agrícolas.

A análise dos resultados obtidos por meio da representação em mapas dos anos de 2008, 2012, 2016 e 2021, permitiu observar uma grande transformação na área da sub-bacia, principalmente na redução da classe mata, e no crescimento da classe café.

A Tabela 3 apresenta o total da área ocupada por cada classe de uso em hectare e porcentagem para cada ano.

Tabela 3 - Qualidade da classificação associadas aos valores da estatística Kappa

Classes de uso da terra	2008		2012		2016		2021	
Mata	7.095	32	4.940	22	1.859	8	1.442	7
Pastagem	10.782	49	9.539	43	14.441	66	10.398	47
Café	965	4	2.790	13	3.319	15	7.018	32
Solo Exposto	1.589	7	2.500	11	960	4	3.038	14
Água	1.563	7	1.507	7	1.106	5	20	0
Eucalipto	0,00	0	718	3	311	1	79	0
Total	21.994	32	21.995	99	21.995	99	21.995	100

Fonte: Adaptado de Nery; Oliveira; Abreu (2013)

Para Lal (2020) a agricultura tem sido uma das grandes contribuintes para o desflorestamento e junto com ela o aumento de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa. A queima ou decomposição das florestas e demais formas de vegetação após a derrubada são umas das principais fontes de emissão desses gases. O autor afirma que as florestas evitam o empobrecimento do solo, pois protegem contra a erosão das chuvas evitando o carregamento de nutrientes e partículas para os rios e demais corpos d'água o que causa eutrofização e assoreamento (Lal, 2020).

A retirada das formações ciliares está causando o assoreamento das nascentes, rios e córregos. Essas coberturas vegetais protegem o solo e quando o mesmo se encontra descoberto para fins como práticas agrícolas, agropecuária, e ocupação urbana, favorecem o desenvolvimento de processos erosivos (Castro; Castro; Souza, 2013).

Foram feitos registros fotográficos em um mesmo local na sub-bacia, no ano 2016, 2019 e em 2023 (Figuras 7, 8 e 9).

Figura 7 – Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé em 2016



Fonte: Do autor (2023).

Figura 8 - Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé em 2019



Fonte: Do autor (2023).

Figura 9 - Uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ribeirão do Sapé em 2023

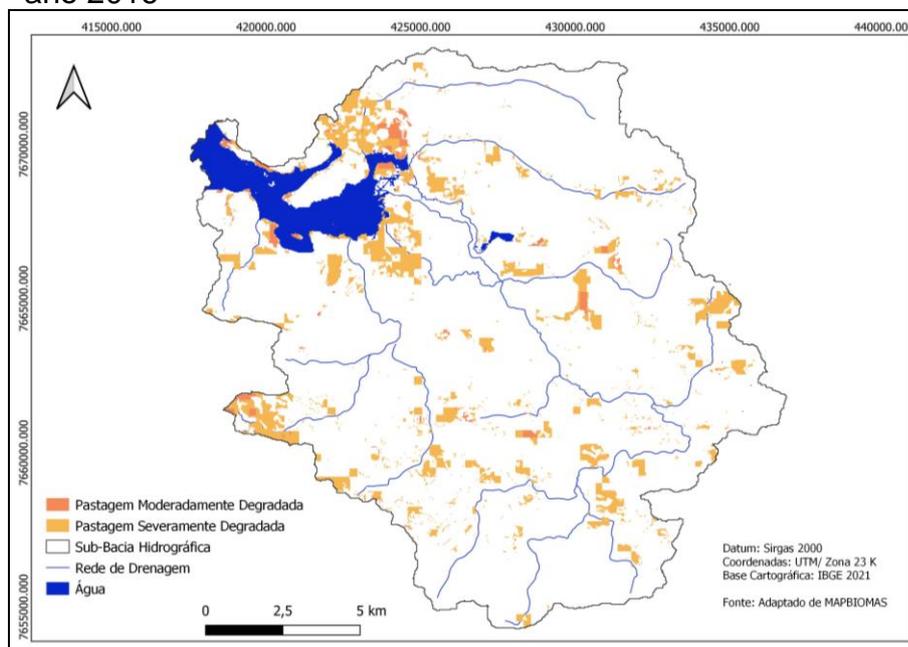


Fonte: Do autor (2023).

Mendes Júnior *et al.* (2017) em um estudo de modelagem da erosão hídrica em latossolos sobre o cultura do café realizado na sub-bacia hidrográfica do Córrego da Laje, município de Alfenas no sul de Minas Gerais, constatou que as maiores perdas de solo foram concentradas nos corredores do café, devido ao solo exposto e o uso de maquinário pesado para a manutenção das atividades produtivas compactando o solo, dificultando a infiltração da água e contribuindo para a remoção de partículas de solo e as perdas pelo escoamento superficial.

Mesmo havendo a diminuição da classe pastagem em decorrência do crescimento da classe café, ainda no ano de 2016 a área com pastagem degradada era de 3.871 ha (Figura10).

Figura 10 - Qualidade de pastagem na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé ano 2016



Fonte: Do autor (2023).

Em visitas realizadas em áreas dessa cultura na sub-bacia constatou-se a presença de pastoreio (Figura 11).

Figura 11 - Áreas com presença de pastoreio



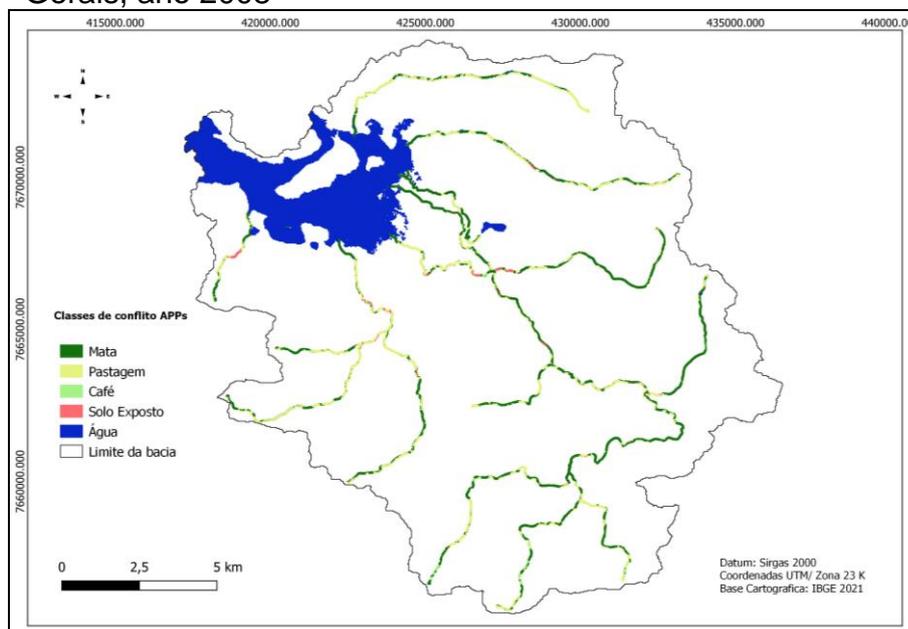
Fonte: Do autor (2023).

O principal efeito direto do pastoreio é a compactação do solo devido ao pisoteio repetitivo do gado, e como resultado tem-se a redução da infiltração da água, a formação de trilhas que se transformam em ravinas, além do aumento da entrada de sedimentos e matéria orgânica no canal fluvial (Thomaz; Dias, 2009).

A retração do nível da água na sub-bacia está relacionada com as oscilações do nível do lago de Furnas em períodos de estiagem. De acordo com Xavier e Silva (2022) no período de 2011 a 2022 houve um rebaixamento do nível da água devido a combinação de eventos de seca com a operação do reservatório. O estudo realizado pelos autores demonstrou que no ano de 2011 a área do corpo d'água era de 1.095 km² já em 2020 a área foi igual a 1070 km². Analisando o ano de 2012, 2016 e 2021 não se constata a aplicabilidade do código florestal, pois a retirada da cobertura vegetal após a data de 22/07/2008 é proibida, podendo ser observado totalmente a redução das mesmas.

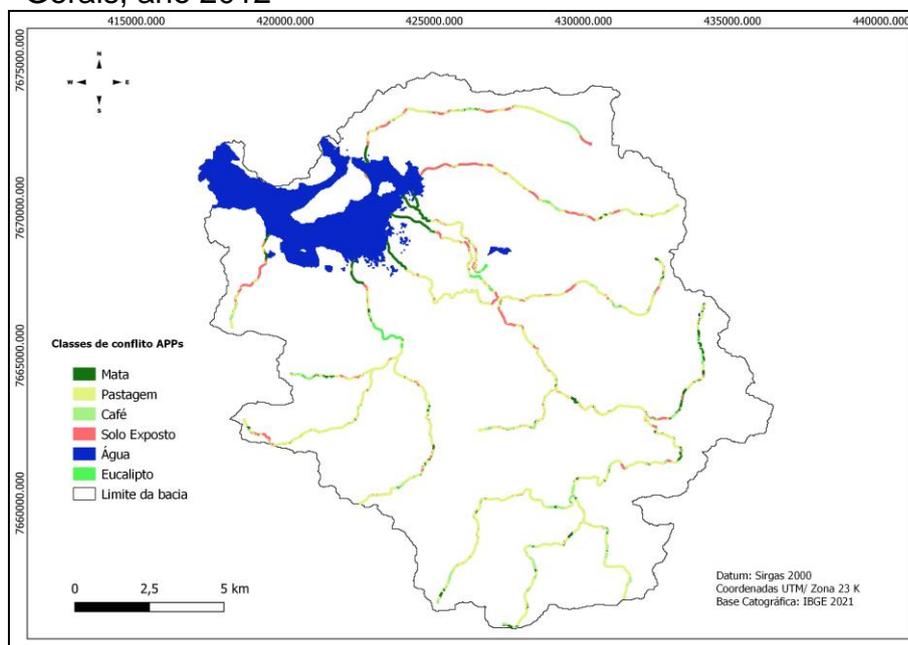
As áreas de preservação permanente foram delimitadas em conformidade com o código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651/12) totalizando uma área mapeada de 14.990 ha, representando 6,38% da área total da sub-bacia. Os mapas ilustram a área mínima que deveria estar preservada ao longo dos cursos d'água e das nascentes na bacia Ribeirão do Sapé seguindo a Lei n.º 12.651/2012, contudo, observa-se que grande parte delas se encontram em conflito de uso (Figuras 12, 13, 14 e 15). Foram consideradas áreas conflitantes aquelas que foram modificadas pela ação antrópica.

Figura 12 - Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, sul de Minas Gerais, ano 2008



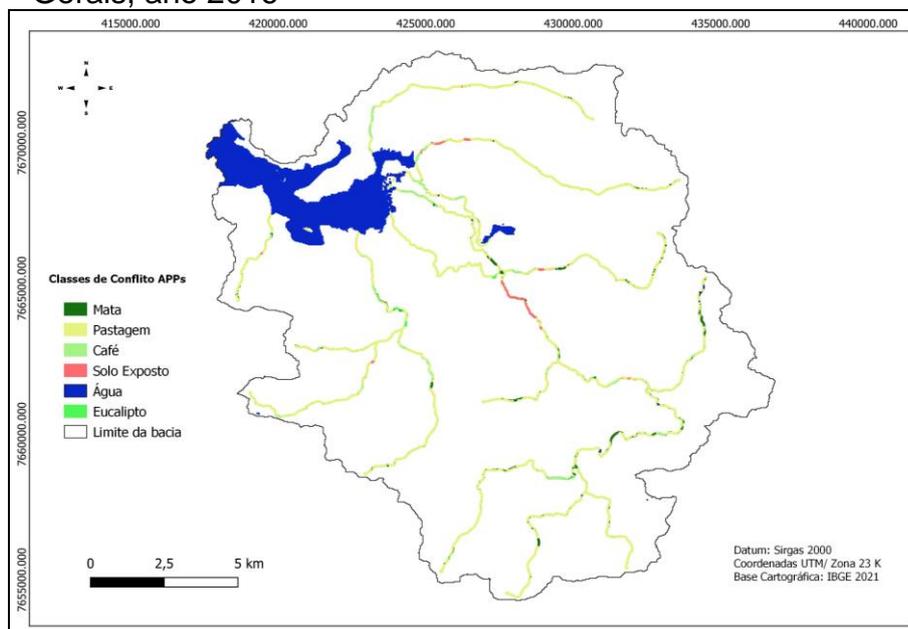
Fonte: Do autor (2023).

Figura 13 - Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2012



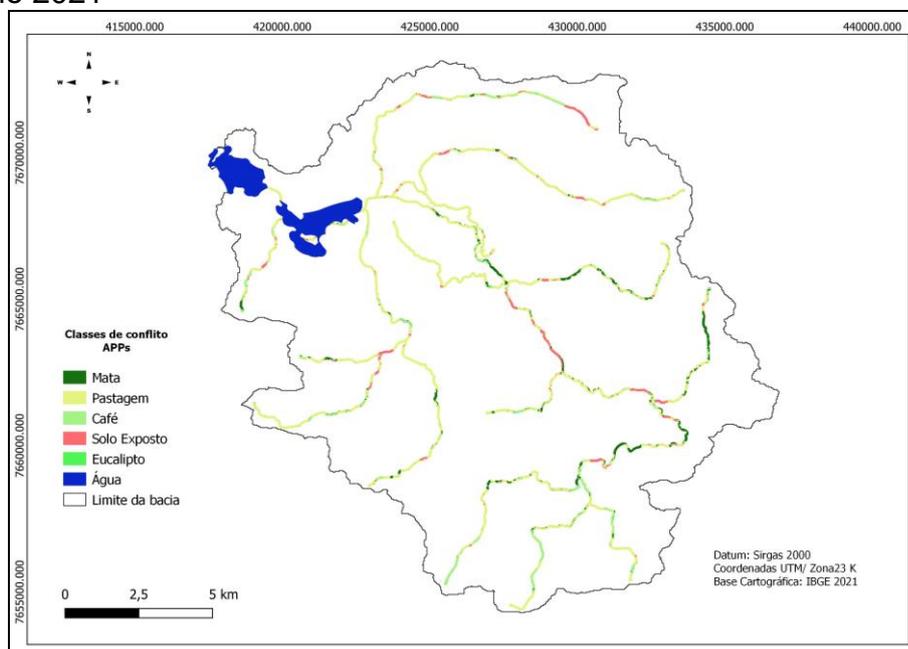
Fonte: Do autor (2023).

Figura 14 – Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2016



Fonte: Do autor (2023).

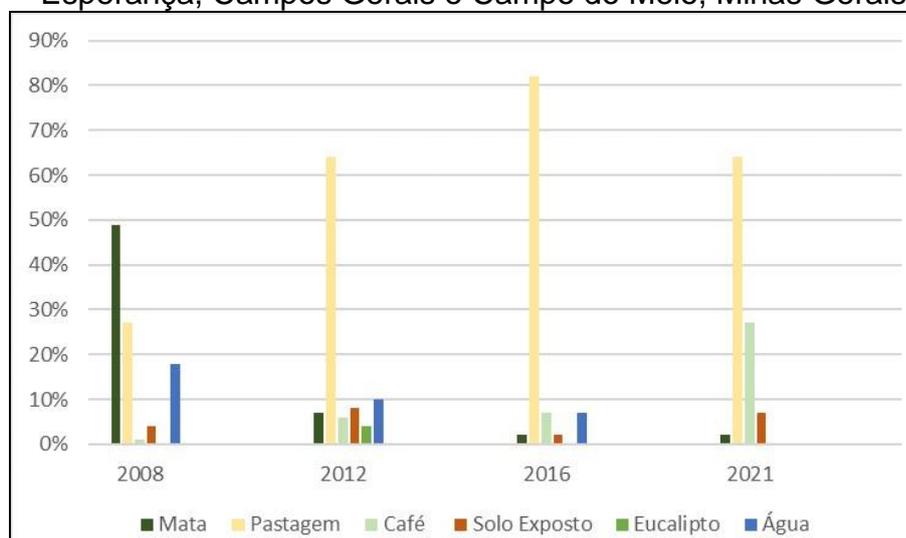
Figura 15 – Mapa de conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Sapé, Sul de Minas Gerais, ano 2021



Fonte: Do autor (2023).

Os resultados revelam que no ano de 2008 a área conflitante era (33%), 2012 (83%), 2016 (91%) e 2021 (98%) como é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Porcentagem de uso nas áreas de preservação permanente (APP) na sub-bacia Ribeirão do Sapé, localizada nos municípios de Boa Esperança, Campos Gerais e Campo do Meio, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Do autor (2023).

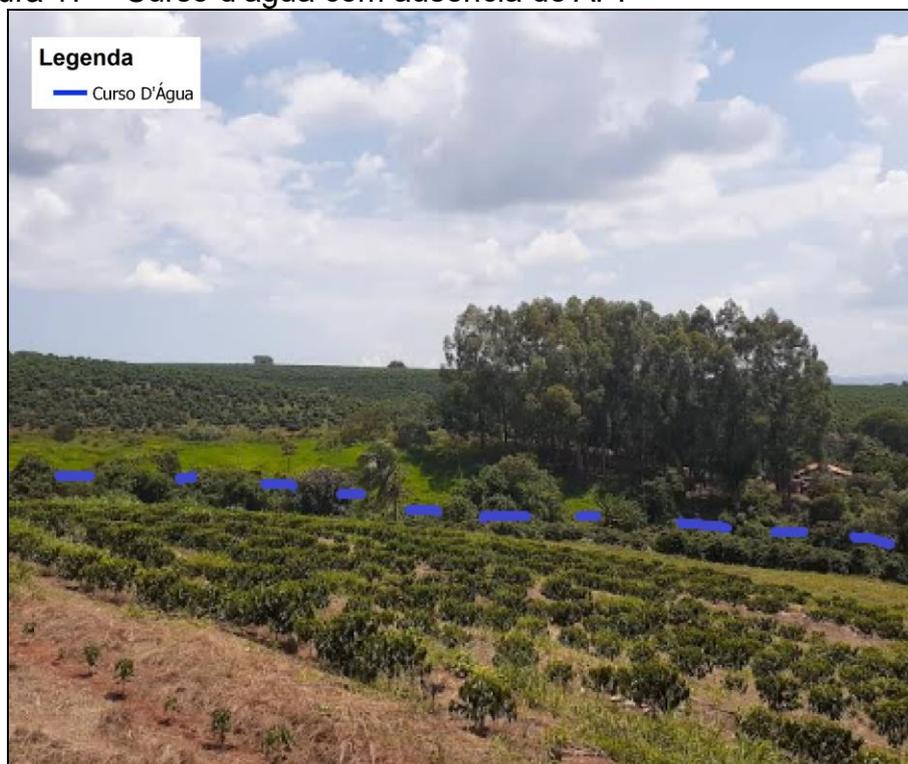
No ano de 2008, as APP já apresentavam 33% em conflito de uso, principalmente nas áreas de nascentes, e também pode ser constatado uma significativa parcela em relação as florestas ciliares (49%) que são aquelas que margeiam os corpos d'água. Um dos principais fatores causadores da degradação de uma nascente é a retirada da cobertura vegetal no seu entorno pra cultivo de áreas agrícolas pois favorecem processos como a erosão e o assoreamento das nascentes. Além disso sem a proteção adequada dessas áreas a vida útil dos rios pode ser comprometida uma vez que as nascentes são suas principais fonte de abastecimento (Andrade; Moreira; Santos, 2019).

Já para o ano de 2012, constata-se uma substituição da classe mata pela classe pastagem. O percentual de (33%) em 2008 das matas reduziu para (7%) em 2012, em contrapartida a classe pastagem com percentual (27%) em 2008 passou para (64%) em 2012. As funções ecológicas desempenhadas por estas florestas são de extrema importância para uma boa qualidade de vida das populações locais e da bacia hidrográfica. São fundamentais para a conservação da diversidade de animais e plantas, tanto terrestre como aquáticos. Além disso, influenciam na qualidade da água, na regularização do regime hídrico e na estabilização das margens do rio. (Castro, 2012).

Demonstrando a importância da conservação das florestas ciliares, Pereira *et al.* (2016) realizaram um estudo da relação entre a cobertura vegetal, o uso da terra em áreas de APP e a qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. Eles constataram que os pontos com melhor avaliação da água estavam associados à classe de vegetação arbórea, enquanto os pontos com as piores avaliações estavam relacionados à classe de pastagem, agricultura e solo exposto.

Apesar das múltiplas funções que a cobertura vegetal desempenha e das leis estabelecidas para proteger áreas de nascentes e cursos d'água, a realidade observada na prática na sub-bacia do Ribeirão do Sapé revela um cenário divergente. Isso é evidenciado pelas Figuras 17, 18, 19 e 20.

Figura 17 – Curso d'água com ausência de APP



Fonte: Do autor (2023).

Figura 18 - Área de conflito de uso



Fonte: Do autor (2023).

Figura 19 - Nascente sem APP no seu entorno



Fonte: Do autor (2023).

As classes de conflito café e solo exposto apresentaram percentuais mais altos em 2021 quando comparadas a 2016, a classe pastagem a qual vinha sendo de predominância em toda as áreas de conflito desde 2008, foi substituída pela classe café devido ao crescimento desta cultura na sub-bacia desde o ano 2016.

Figura 20 - Curso d'água com acúmulo de sedimentos



Fonte: Do autor (2023).

Em um estudo semelhante Justino *et al.* (2019) ao mapear o uso da terra e as APP nas bacias hidrográficas do rio Machado e São Thomé no sul de Minas Gerais concluíram que uma das classes que se encontram mais presentes nas áreas de APP é o café. Sartori *et al.* (2011) descreve que áreas de agricultura estão sujeitas a maiores perdas de solo porque a mecanização nas lavouras diminui a espessura do solo e o teor de matéria orgânica e outros nutrientes.

A cobertura vegetal é de suma importância em qualquer bacia hidrográfica,

seu uso adequado e a preservação das APP promovem além da preservação dos recursos naturais a melhoria da qualidade de vida da sociedade (Campos *et al.*, 2019). A qualidade dos rios vem decrescendo continuamente pela ação antrópica. A qualidade da água em uma bacia hidrográfica necessita do equilíbrio entre os fatores naturais e antrópicos. Para analisar este equilíbrio, estudos desta temática aparece como uma ferramenta fundamental, auxiliando na constatação de perdas de biodiversidade muitas vezes provenientes de desmatamento (Cornelli *et al.*, 2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos estudos tem demonstrado cientificamente a importância da cobertura vegetal em regiões de APP para a manutenção do equilíbrio ambiental e qualidade de vida das populações. Contudo, mesmo sendo protegidas por lei, os resultados deste estudo demonstraram que esses limites não estão sendo respeitados.

Os resultados revelaram que as áreas de conflito de uso da terra em áreas de APP cresceram em (65%) do primeiro ao último ano de estudo e mesmo após a data de 22 de julho de 2008 o avanço de atividades agrícolas sobre essas áreas continuam.

O código florestal elaborado em 1934 para garantir a proteção das florestas sofreu diversas alterações até resultar na lei vigente 2012 e mostrou-se que a preocupação em nenhum momento esteve relacionada a uma preocupação ambiental e sim com a flexibilidade da lei em benefício dos proprietários de terra que desrespeitaram a lei anterior e ainda continuam não respeitando a lei atual.

O sensoriamento remoto se mostra uma ferramenta importante no estudo de uso e cobertura da terra pois permite ter uma visualização do avanço de atividades antrópicas em áreas legalmente protegidas auxiliando na fiscalização e monitoramento dessas áreas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Seção São Paulo. **Impactos das alterações no código florestal**. São Paulo: ABES, 2012.
- ALENCAR, G. V. **Novo código florestal brasileiro**: Ilustrado e de fácil entendimento. 2. ed. Vitória: Guilherme Viana de Alencar, 2016. 408 p.
- ALMEIDA, C. M. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano regional. **Arq. Urb**, v. 3, p. 98-123, 2010.
- ANDRADE, L. R.; MOREIRA, J.; SANTOS, A. M. Análise temporal do uso e cobertura da terra na bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste-RO. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 81-97, 2019.
- BARROS, A. C.; DA SILVA, T. J.; COSTA, D. M. Sensoriamento remoto na análise ambiental da microbacia do Córrego da Água Amarela, Itaberá/Sp. **Holos Environment**, v. 16, n. 1, p. 27, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v16i1.10947>
- BARROS, E. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Análise do desastre em Mariana através da classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 17, n. 1, p. 8-26, 2015.
- BEPPLER, M.; JUSTINO, G. Avaliação espaço-temporal da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Miriri (PB). **Geoprocessamento Aplicado**: contexto multidisciplinar. João Pessoa: IFPB, 2017. 292 p.
- BRANCALION, P. H. S. *et al.* Análise crítica da lei de proteção da vegetação nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1-e16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004>
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Código Florestal**. Decreto nº23.793, de 23 de janeiro de 1934. Brasília: Ministério da Agricultura, 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BRASIL. Congresso Nacional. **Código Florestal**. Decreto nº4.471, de 15 de setembro de 1965. Brasília: Congresso Nacional, 1965. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html#:~:text=Fica%20proibida%20qualquer%20forma%20de,interesse%20p%C3%BAblico%20pela%20autoridade%20florestal>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SF. 23/24 – Rio de Janeiro / Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**). Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1983. v. 32, 777 p.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis n.º 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 nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: **Congresso Nacional**, 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html. Acesso em: 17 fev. 2023.

BRASIL. Medida Provisória 2.166-67, de 24 agosto de 2001. Altera os artigos. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos a Lei nº.4.771, de 15 de setembro de 1965, que instui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº. 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o imposto de renda sobre propriedade territorial rural – ITR, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.html. Acesso em: 17 fev. 2023.

CAMPOS, S. *et al.* **Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas**. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. 137 p. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.078191306>

CANSI, F.; MARCHIONATTI, C. C.; SOBRINHO, L. L. P. Interações florestais e hídricas: a possibilidade de despoluição do Lago Guaíba. **Anais de Constitucionalismo, Transnacionalidade e Sustentabilidade**, v. 9, n. 2, p. 190-207, 2019.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C. **Práticas para restauração da mata ciliar**. 1. ed. Porto Alegre: Catarse–Coletivo de Comunicação, 2012. 60 p.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Uniaraquáia**, v. 4, n. 4, p. 230-241, 2013.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas/UFPR, 2004. 209 p.

CORNELLI, R. *et al.* Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18226/23185279.v4iss1p1>

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 4. ed. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

DALMOLIN, R. S. D. *et al.* Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**, v. 35, p. 481-489, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000200042>

DERDOURI, A. *et al.* Understanding the links between LULC changes and SUHI in

cities: Insights from two-decadal studies (2001–2020). **Remote sensing**, v. 13, n. 18, p. 3654, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13183654>

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2005. 32 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf. Acesso em: 15 fev. 2023.

GUO, M. *et al.* A universal parallel scheduling approach to polyline and polygon vector data buffer analysis on conventional GIS platforms. **Transactions in GIS**, v. 24, n. 6, p. 1630-1654, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12670>

HEMATI, M. *et al.* A systematic review of landsat data for change detection applications: 50 years of monitoring the earth. **Remote Sensing**, v. 13, n. 15, p. 2869, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13152869>

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. 2nd ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007. 592 p.

JUSTINO, R. C. *et al.* Mapeamento do uso da terra e áreas de preservação permanente (APP) nas bacias hidrográficas dos rios São Tomé e Machado, Sul de Minas Gerais. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 9, n. 1, p. 50-65, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34019/2236-837x.2019.v9.29257>

KREITLOW, J. O. *et al.* Vulnerabilidade ambiental e conflito no uso da terra no município de Mirassol D'oeste, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 10, p. 1917-1936, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv68n10-44292>

LAL, R. Soil erosion and gaseous emissions. **Applied Sciences**, v. 10, n. 8, p. 2784, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10082784>

LATUF, M. O.; RIOS, G. S.; PEREIRA, R. C. Análise multitemporal de incêndios florestais ocorridos no Estado de Minas Gerais entre 2001 e 2020. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 20, n. 1, p. 120-148, 2022. DOI: <https://doi.org/10.46551/rc24482692202206>

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LENSE, G. H. E. *et al.* Modeling of soil loss by water erosion and its impacts on the cantareira system, brazil. **Water**, v. 15, n. 8, p. 1490, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15081490>

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. 1090 p.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R. Conflito do uso e ocupação do solo em APPs da bacia hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte - ES. *In: NONO ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, 9., 2009, São José dos Campos.

Anais [...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2009. p. 1-6.

MARINO, E. J. O uso do Sensoriamento Remoto orbital na pesquisa socioeconômica. **Rev. Científica Eletrônica De Agronomia**, v. 5, n. 10, p. 1-9, 2006.

MENDES, J. H. **Modelagem da erosão hídrica em latossolos sob cultura do café**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas-MG, 2017.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPq, 2012. 256 p.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. 22 p.

NERY, C. V. M.; OLIVEIRA, D. B.; ABREU, L. H. G. Estudo comparativo entre os índices NDVI obtidos a partir dos sensores Landsat 5-TM e Resourcesat-Liss III. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, p. 160-167, 2013.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 68 p.

PEREIRA, B. W. F. *et al.* Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 472-485, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1802>

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 46 p.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 3 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 06 fev. 2024.

QUINTÃO, J. M. B. *et al.* Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura**, v. 73, n. 1, p. 18-24, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602021000100004>

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013. 142 p.

ROSENDO, J. S. **Índices de vegetação e monitoramento de uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. 2005. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2005.

SANTOS, A. C.; REIS, A.; MENDIONDO, E. M. Segurança hídrica no Brasil: situação atual, principais desafios e perspectivas futuras. **Revista DAE**, v. 68, n. 225, p. 167-179, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.060>

SARTORI, A. A. C. *et al.* Mapeamento de conflito de solo em áreas de preservação permanente na Bacia Experimental do Rio Pardo – São Paulo – Brasil. *In:* SHIMABUKURO, Y. E.; PONZONI, F. J. **Mistura espectral: modelo linear e aplicações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 128 p.

SILVA, J. A. A. *et al.* **O Código Florestal e a ciência: contribuições para o diálogo.** 2. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2011. 129 p.

SILVA, S. T. *et al.* Código Florestal: em defesa das nossas florestas e do nosso futuro. *In:* LAVRATTI, P.; PRESTES, V. B. (Org.). **Direito e mudanças climáticas: reforma do código florestal: limites jurídicos.** São Paulo: Instituto o Direito por um Planeta Verde, 2010. v. 1, cap. 1, p. 9-32.

SILVA, T. F. G; XAVIER, L. A. S. Avaliação da variação do nível de água do Reservatório de Furnas (MG) por meio de imagens de Sensoriamento Remoto. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2022, Aracaju **Anais [...]**. Aracaju: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2022. p. 1-10.

THOMAZ, E. L.; DIAS, W. A. Bioerosão - evolução do rebanho bovino brasileiro e implicações nos processos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 2-11, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.125>.

TURETTA, A. P. D. **Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. v. 139, 18 p.