

Avaliação do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Ribeirão Graipu (MG): Uma proposta de conservação das áreas de proteção permanente (APP's)

Evaluation of land use and occupation in the Ribeirão Graipu sub-basin (MG): A proposal for the conservation of permanent protection areas (APP's)

Evaluación del uso y ocupación del suelo en la subcuenca Ribeirão Graipu (MG): Una propuesta para la conservación de áreas de protección permanente (APP's)

Recebido: 13/03/2023 | Revisado: 22/03/2023 | Aceitado: 23/03/2023 | Publicado: 30/03/2023

Elisangela Cristina da Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2259-2241>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: elisangela.costa@estudante.ufscar.br

Jaciely Gabriela Melo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0683-8643>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: jaciely.silva@estudante.ufscar.br

Graziele Wolff de Almeida Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5299-8878>

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

E-mail: graziele.wolff@ifmg.edu.br

José Mauro Santana da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0662-4132>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: josemauro@ufscar.br

Resumo

Atividades antrópicas tais como o uso e ocupação do solo de forma irregular e sem um prévio planejamento, vêm alterando a qualidade e características das águas levando a contaminação dos ecossistemas aquáticos. Em decorrência disso, inúmeros distúrbios sobrevêm nos ecossistemas de água doce modificando a composição, abundância e diversidade da biota, o que torna imprescindível a aplicação de uma gestão integrada que limite os impactos dos múltiplos usos das bacias hidrográficas e seus respectivos tributários. O objetivo deste trabalho é apresentar uma avaliação de uso e ocupação do solo utilizando os anos de 2000 e 2020 como referência, na sub-bacia do ribeirão Graipu pertencente ao município de Guanhães, mesorregião do Vale do Rio Doce (Minas Gerais / Brasil). Para a confecção dos mapas, foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do sistema de informação geográfica QGIS versão 3.22.1. Foram utilizados como referência os anos 2000 (marco inicial da crise hídrica) e 2020 com base na coleção 6 de Cobertura e Uso do Solo do MapBiomias. O presente estudo apontou que houve um sutil crescimento das áreas urbanas, silvicultura, formação florestal e mosaico de agricultura e pastagem em relação às demais áreas. Além disso, houve uma redução no uso do solo para fins de pastagens. Como conclusão, pode-se inferir que os resultados encontrados podem estar relacionados à criação e implementação de políticas públicas e com o aumento das discussões sobre a temática. É importante ainda a realização de trabalhos de educação ambiental considerando metodologias para proteção e técnicas de restauração e conservação de áreas, fomentando atividades de conscientização, além da valorização de bens e serviços ecológicos.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas; Uso do solo; Sistema de informação geográfica.

Abstract

Anthropogenic activities such as the use and occupation of the soil irregularly and without prior planning, have been altering the quality and characteristics of the water, leading to the contamination of aquatic ecosystems. As a result, numerous disturbances occur in freshwater ecosystems, modifying the composition, abundance and diversity of the biota, which makes it imperative to apply an integrated management that limits the impacts of multiple uses of watersheds and their respective tributaries. The objective of this work is to present an evaluation of land use and occupation using the years 2000 and 2020 as a reference, in the sub-basin of the Graipu stream belonging to the municipality of Guanhães, mesoregion of Vale do Rio Doce (Minas Gerais / Brazil). To make the maps, the Geographic Information System (GIS) was used, through the geographic information system QGIS version 3.22.1. The years 2000 (initial milestone of the water crisis) and 2020 were used as reference, based on the collection 6 of Coverage and Land Use of MapBiomias. The present study pointed out that there was a subtle growth of urban areas, forestry, forest formation and mosaic of agriculture and pasture in relation to the other areas. In addition, there was a reduction in land

use for pasture purposes. In conclusion, it can be inferred that the results found may be related to the creation and implementation of public policies and the increase in discussions on the subject. It is also important to carry out environmental education work considering methodologies for protection and techniques for restoration and conservation of areas, promoting awareness activities, in addition to valuing ecological goods and services.

Keywords: Watersheds; Use of the soil; Geographic information system.

Resumen

Las actividades antropogénicas como el uso y ocupación del suelo de forma irregular y sin planificación previa, han ido alterando la calidad y características del agua, provocando la contaminación de los ecosistemas acuáticos. Como resultado, se producen numerosas perturbaciones en los ecosistemas de agua dulce, modificando la composición, abundancia y diversidad de la biota, lo que hace imperativo aplicar una gestión integrada que limite los impactos de los usos múltiples de las cuencas hidrográficas y sus respectivos afluentes. El objetivo de este trabajo es presentar una evaluación del uso y ocupación del suelo tomando como referencia los años 2000 y 2020, en la subcuenca del arroyo Graipu perteneciente al municipio de Guanhães, mesorregión del Vale do Rio Doce (Minas Gerais / Brasil). Para la elaboración de los mapas se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), a través del sistema de información geográfica QGis versión 3.22.1. Se tomó como referencia los años 2000 (hito inicial de la crisis del agua) y 2020, con base en la colección 6 de Cobertura y Uso de Suelo de MapBiomias. El presente estudio apuntó que hubo un sutil crecimiento de las áreas urbanas, silvicultura, formación forestal y mosaico de agricultura y pastos en relación a las demás áreas. Además, hubo una reducción en el uso de la tierra para pastos. En conclusión, se puede inferir que los resultados encontrados pueden estar relacionados con la creación e implementación de políticas públicas y el aumento de las discusiones sobre el tema. También es importante realizar labores de educación ambiental considerando metodologías de protección y técnicas de restauración y conservación de áreas, promoviendo actividades de sensibilización, además de valorar los bienes y servicios ecológicos.

Palabras clave: Cuencas hidrográficas; Uso del suelo; Sistema de información geográfica.

1. Introdução

O mundo está vivendo a Década da Restauração de Ecossistemas, e a Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta diretrizes que servem como um alerta a toda humanidade acerca da importância de proteger e revitalizar os ecossistemas em todo o planeta, com vistas à manutenção e sustentabilidade da humanidade e da natureza (ONU, 2021a). Com o intuito de alcançar os objetivos globais, os programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e da Agricultura e Alimentação (FAO), trabalham com foco nos pilares da sustentabilidade que contribuem para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) para atingir a agenda 2030 (ONU, 2021b).

Dentre as principais ações propostas por esses programas estão os objetivos 6 e 15 da ODS. O objetivo 6 visa garantir a disponibilidade e manejo da água, enquanto o objetivo 15 tem como premissa a proteção, recuperação e promoção do uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combatendo a desertificação, minimizando os impactos da degradação da terra e por consequência, atenuando perdas da biodiversidade (ONU, 2022). Sabe-se que ecossistemas aquáticos refletem a integridade dos ecossistemas terrestres, e que, para atingir os objetivos e metas propostas pela ONU, a bacia hidrográfica e o seu uso e ocupação devem ser consideradas unidades de gestão.

Os ecossistemas de água doce são considerados os mais ameaçados em todo o mundo, principalmente em função do crescimento populacional e mudanças no uso e ocupação do solo (Dudgeon et al., 2006; Mustow, 2002). Estas alterações modificam a composição biótica em uma escala global, causando variações significativas nas relações entre componentes dos ecossistemas e no uso de recursos naturais, bens e serviços ecossistêmicos (Mack et al., 2000; Simberloff et al., 2013).

Uma das formas de manter os serviços ambientais dentro de uma bacia, é a manutenção das áreas de preservação permanente (APP). De acordo com a Lei 12.651/2012, art.3, as APPs são definidas como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de conservar e preservar os rios, as nascentes, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além da proteção do fluxo gênico entre espécies da fauna e flora, e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Estudos apontam que muitas sub-bacias já atingiram um grau irreversível de recuperação com perdas irreparáveis de suas APPs (Salemi et al., 2011). A conservação de bacias hidrográficas e sua biodiversidade são essenciais para garantir a

manutenção de bens e serviços ecossistêmicos, incluindo o fornecimento de água e a regulação do microclima local (Dudgeon et al., 2006), objetivando o retorno e/ou a regularização da vazão dos sistemas hídricos, por meio da restauração das APPs, (Cláudia Mira Attanasio et al., 2012; Bruijnzeel, 1989).

Neste contexto, as alterações dos recursos hídricos e da vegetação nativa que circundam esses sistemas, não podem ser discutidas sem considerar sua relação com o uso e ocupação do solo (Rodrigues et al., 2009), tendo em vista que, a necessidade de recuperação das áreas degradadas, danificadas ou destruídas (Dudgeon et al., 2006; SER, 2019) é consequência da falta de planejamento e do uso equivocado da paisagem e do solo (Neiman et al., 2005).

O processo de restauração ambiental pode ser definido como um conjunto de processos e técnicas que auxiliam na recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (Dudgeon et al., 2006), podendo ser utilizado como uma medida de minimização dos impactos negativos (Farias et al., 2015). De acordo com a Sociedade de Restauração Ecológica (SER, 2019), recomenda-se que o ambiente restaurado busque restabelecer um ecossistema o mais semelhante possível ao pré-existente.

Considerando a bacia hidrográfica como a unidade de gestão para proposição de programas de restauração ambiental, é importante salientar que os ecossistemas ripários, que são o elo de transição entre ambientes aquáticos e terrestres, como margens de rios e suas zonas de influência, apresentam uma importante função dentro das APP's, pois, estão associados a processos ecológicos ligados ao controle, umidade e fertilidade do solo (Neiman et al., 2005). Por este motivo, são intensamente explorados pela agricultura e pecuária (Botelho & Davide, 2002), como é o caso do ribeirão Graipu, pertencente à bacia do Rio Doce, em Guanhães, MG

As condições climáticas e topográficas dos municípios que compõem a sub-bacia do Graipu favorecem atividades agrossilvopastoris e comerciais com foco em silvicultura (Guanhães, 2021). Nessa região são identificadas diferentes usos e ocupação do solo como: pastagem, formação florestal, mosaico de agricultura e pastagem, silvicultura, área urbana, afloramento rochoso, rio, lago, área não vegetada, lavoura perene e formação savânica (MapBiomias, 2020). O município, desde 2005, enfrenta grande crise hídrica, tendo seu principal curso d'água, o Graipu, que fornece água para o abastecimento público, apresentando redução em sua vazão a cada ano.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação temporal das diferentes formas de uso e ocupação do solo na sub-bacia do ribeirão Graipu. Foi testada a hipótese de que, com o passar dos anos tem ocorrido uma alteração no uso e ocupação do solo, em função de uma redução na área de cobertura vegetal da classe formação florestal, abrindo espaço para a formação de mosaicos de agricultura e pastagem, consequentemente causando um aumento da exposição do solo ao longo do tempo, o que reduz a infiltração de água no solo, podendo ser um dos motivos, da redução da vazão do Graipu.

2. Metodologia

As abordagens qualitativa e quantitativa são duas estratégias diferentes pela sua sistemática, sobretudo, pela forma de abordagem do problema que constitui o objeto de estudo. A pesquisa quantitativa é caracterizada pelo uso da quantificação na fase de coleta dos dados até a etapa de tratamento das informações por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como a porcentagem, por exemplo, até análises mais complexas (Diehl & Tatim, 2004). A abordagem qualitativa descreve a complexidade de determinado problema e a interação de certas variáveis, compreender e classificar os processos dinâmicos que são abordados no decorrer do estudo (Diehl & Tatim, 2004). Neste estudo, foram escolhidas ambas abordagens para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Extração dos dados de uso e ocupação do solo

Foram utilizados dados da coleção 6 do MapBiomias, com mapas de cobertura e uso do solo. O MapBiomias é formado

por uma rede de colaboração composta por Organizações Não Governamentais (ONGs), universidades e startups de tecnologia, revelando transformações no território brasileiro desde 1985 (MapBiomias, 2022).

O processo de uso e ocupação do solo na sub-bacia do Graipu foi analisado em duas datas: primeiramente no ano de 2000¹ que marca o início da crise hídrica a nível global, de acordo com Getirana et al., (2021) e depois o ano de 2020², que é o ano com a disponibilidade de dados mais recente.

Os mapas e todas as operações em SIG³ foram realizadas por meio do sistema de informação geográfica QGIS versão 3.22.1. Primeiramente foi feita a conversão do arquivo raster do MapBiomias para arquivo vetorial. Esta conversão permite o processamento das informações com maior facilidade e compatibilidade, visto que, os shapefiles que foram utilizados para obtenção das informações ambientais (hidrografia, bioma, unidades de conservação, pedologia, geomorfologia) estão em formato vetorial.

Ainda com o *shapefile*⁴ de uso e ocupação do solo - coleção 6 do MapBiomias já convertido em formato vetorial, foi realizado o primeiro recorte utilizando a extensão da tela. Esse recorte serve para reduzir o tamanho do arquivo, facilitando e agilizando o processamento dos dados. Após isso, foi aplicado outro recorte usando o shapefile do limite da sub-bacia do Graipu disponibilizado pelo IBGE (2019b). Com esse arquivo foram obtidas as informações sobre a ocupação do solo de toda sub-bacia e gerados os gráficos disponíveis nos resultados e discussões. Essa camada serviu de base para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, salientando que, as cores do mapa e as nomenclaturas das classes foram padronizadas de acordo o documento intitulado “Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomias”.

Depois foi realizado o recorte do *shapefile* de uso e ocupação do solo recortado para o limite da sub-bacia com o shapefile de APP_total e o shapefile de APP_Nascente. Com essa informação foram elaborados diferentes gráficos apresentados nos resultados. O cálculo das áreas em hectare (ha) foi feito por meio da calculadora de campo do Qgis, com a escolha da função \$area⁵. Após os cálculos das áreas, foram extraídas as tabelas de atributos e geradas as planilhas em formato. xlsx. Nessa etapa, toda a representação gráfica dos dados foi produzida por meio do Microsoft Office Excel.

2.2 Classes de Uso e Ocupação do Solo na sub-bacia do Graipu

O uso e ocupação da sub-bacia foi classificado com base nas informações disponíveis na plataforma (ou banco de dados) do MapBiomias (2020) nas classes: pastagem, formação florestal, mosaico de agricultura e pastagem, silvicultura, área urbana, afloramento rochoso, rio, lago e oceano, área urbana e área não vegetada. Abaixo é possível observar um descritivo de cada classe (Tabela 1).

¹ Os dados dos anos 2000 foram acessados no link: (https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2000.tif)

² Os dados dos anos 2020 foram acessados no link:

(https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2020.tif)

³ Sistema de informação geográfica é um sistema de informação geográfica, também conhecido como GIS, é um sistema de informação espacial, que permite e facilita a análise, gestão ou representação de informação geográfica (INPE, 2006). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial>

⁴ Shapefile é um formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas. É armazenado como um conjunto de arquivos relacionados e contém uma classe de feição (ESRI, 2022). Disponível em: <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>

⁵ Função \$area: A área calculada por esta função respeita tanto a configuração do elipsóide do projeto atual como as configurações de unidade de área.

Tabela 1 - Descritivo das classes do uso e ocupação do solo.

	Classes	Descrição (MapBiomias, 2020) Coleção 6.0
	Área não vegetada	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
	Rio, lago e oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água
	Afloramento rochoso	Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade
	Área Urbana	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
	Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
	Formação Florestal	Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.
	Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2020).

3. Área de Estudo

3.1 Bacia do Rio Doce

A bacia do rio Doce possui uma área de drenagem que corresponde a cerca de quase 87 mil km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais e 14% ao Estado do Espírito Santo (ANA, 2016). Está inserida nos “hotspots” de biodiversidade brasileiros, uma vez que 98% da área da bacia faz parte do bioma de Mata Atlântica (CBH-Doce, 2016), considerado um dos mais importantes e ameaçados do mundo, e os outros 2% em áreas de cerrado, outro bioma altamente ameaçado (ECOPLAN-LUME, 2010a).

Apesar de ser uma das principais bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, o rio Doce já apresenta elevado grau de degradação ambiental, devido às inúmeras influências antrópicas relacionadas ao uso e ocupação do solo, de forma irregular em toda sua extensão. Neste sentido, podemos citar: atuação de grandes mineradoras que contribuem não só com a degradação da paisagem, mas também com o assoreamento de córregos, rios, lagos e erosão do solo; atividades agrossilvopastoris; atuação das indústrias de vários segmentos; empreendimentos hidrelétricos; entre outras atividades de impactos potencialmente degradantes ao meio ambiente (Fundação RENOVA, 2020).

De acordo com dados apresentados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), os tributários do rio Doce funcionam como canais receptores, transportadores e autodepuradores dos rejeitos e efluentes provenientes de atividades econômicas que permeiam ao longo de toda sua extensão, comprometendo assim a qualidade da água.

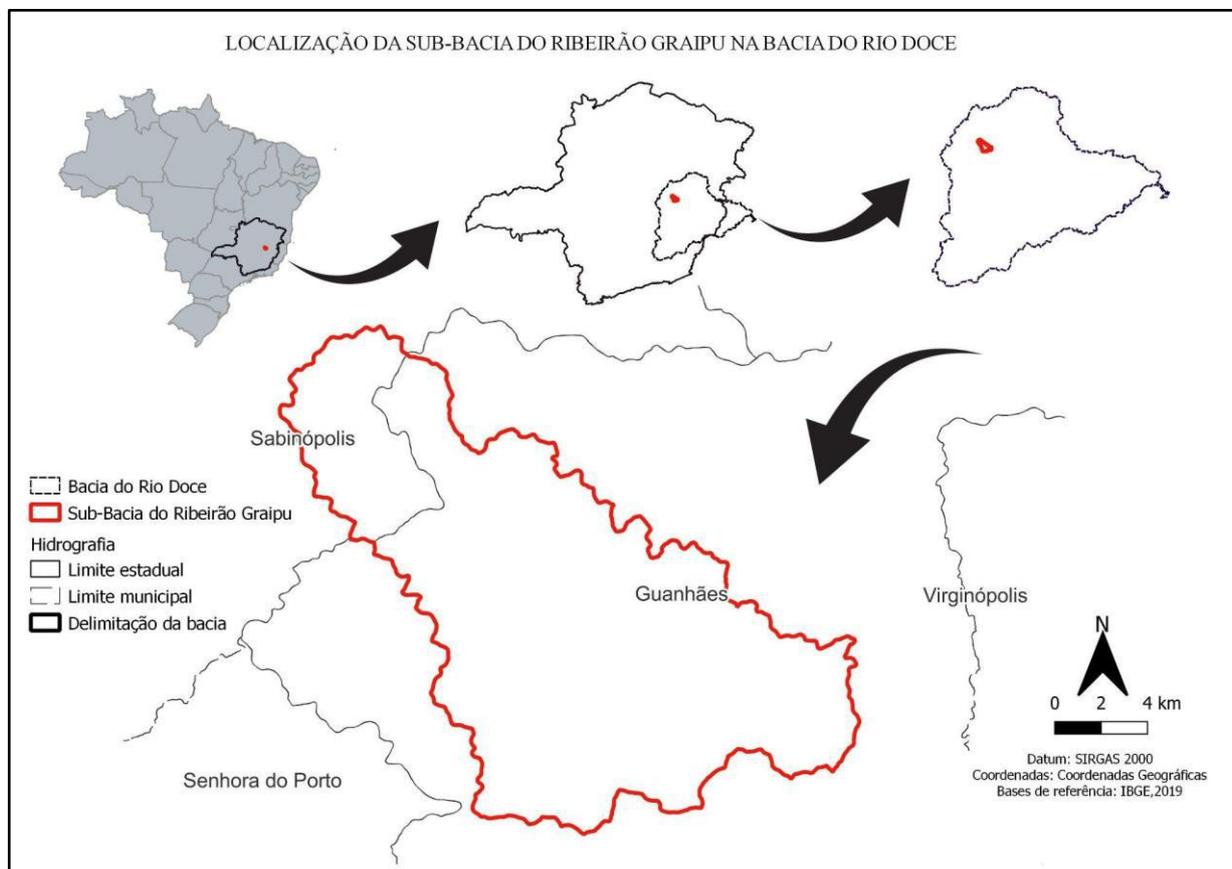
Dessa forma, torna-se urgente a necessidade de intervenções e implementação de projetos de revitalização que assegurem a regularização das vazões e a melhoria da qualidade do corpo hídrico. Por este motivo, é de fundamental importância que todos os tributários do rio Doce estejam com seus ecossistemas em condições adequadas (ECOPLAN-LUME, 2010b).

3.2 Sub-bacia do ribeirão Graipu

A sub-bacia do ribeirão Graipu está localizada entre os municípios de Guanhães e Sabinópolis, na região centro-nordeste de Minas Gerais (18° 48' S e 42° 58' W), em uma altitude média de 852 m, mesorregião do Vale do Rio Doce, possui população

de 34.818 pessoas (IBGE, 2022). A bacia hidrográfica em questão é um tributário da bacia do rio Corrente Grande, que por sua vez, está inserida na bacia do rio Doce (IGAM, 2021a) (Figura 1).

Figura 1 - Localização da sub-bacia do ribeirão Graipu dentro da bacia do rio Doce, Estado de Minas Gerais, Brasil.

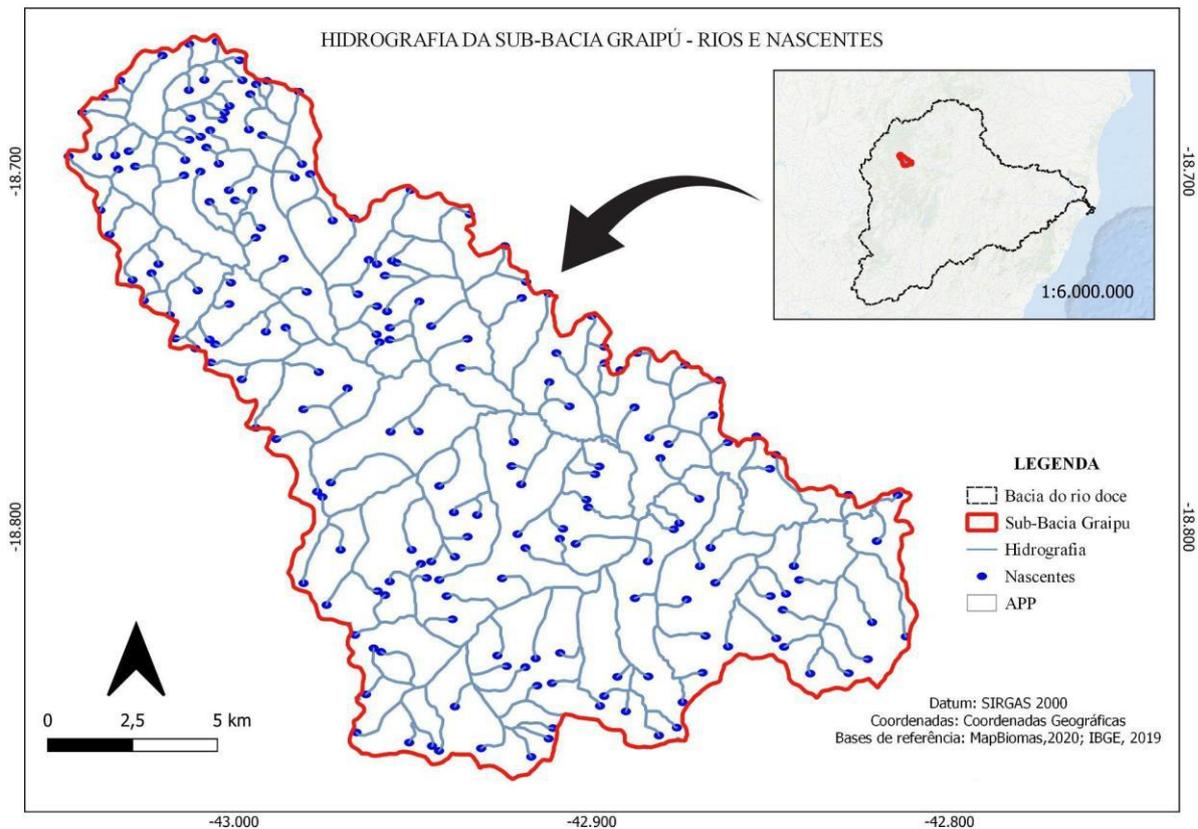


Fonte: IBGE (2019b).

O tipo de solo é o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) cuja textura é média argilosa em sua maior porção e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) cuja textura é argilosa (IBGE, 2021). Já a geomorfologia da sub-bacia é Planalto dos Campos das Vertentes, que por definição é composta por conjuntos de relevos planos ou dissecados, de altitudes elevadas limitados por um lado por superfícies mais baixas, onde os processos de erosão superam os processos de sedimentação (IBGE, 2019c; IBGE, 2009).

A sub-bacia do ribeirão Graipu, possui 26.641,23 ha ou 266,41 km² de área (IBGE, 2019b), é composta por 202 nascentes (IGAM, 2021b; Figura 2), cuja área total das Áreas de Preservação Permanentes - APPs é de 2.303,49 ha ou 23,03 Km² calculada por meio do shapefile de hidrografia disponibilizada pelo IGAM (2021b).

Figura 2 - Hidrografia da sub-bacia do ribeirão Graipu, Estado de Minas Gerais, Brasil.

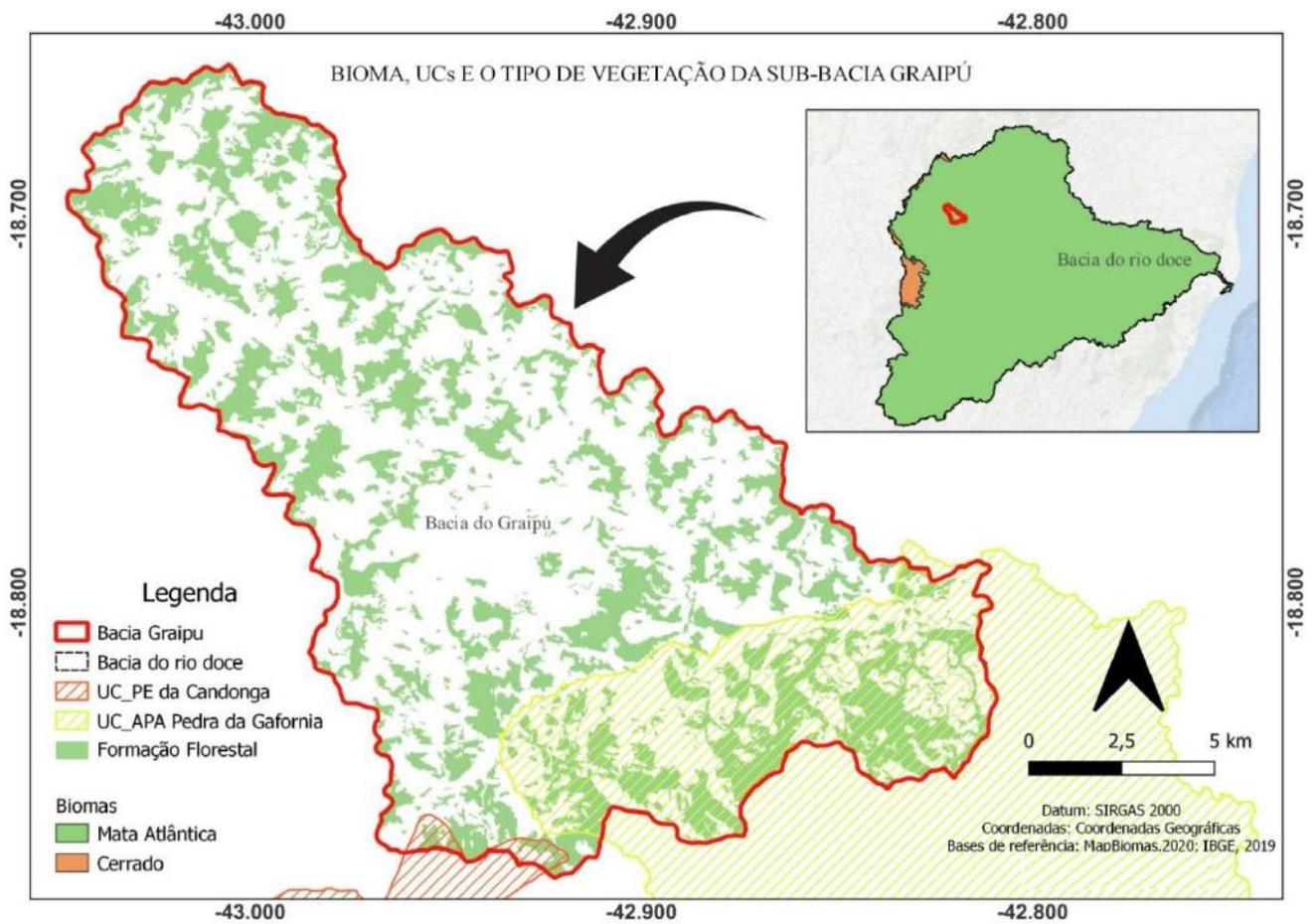


Fonte: IGAM (2021b); IBGE, (2019b).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região possui um clima predominantemente tropical chuvoso savânico (Aw), com inverno seco e chuvas abundantes no verão (Tonello et al., 2009). A precipitação média anual é de 1.212 mm e a temperatura média de 22,2° C (Souza et al., 2006).

A região da referida sub-bacia está inserida no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2019), considerado um importante “hotspot” de biodiversidade, devido à elevada riqueza e abundância de espécies, espécies endêmicas, e riscos à extinção (Myers et al., 2000; Figura 3). A fitofisionomia original era formada predominantemente por floresta estacional semidecidual, que foi substituída por áreas de pastagens (Leite et al., 1997).

Figura 3 - Mapa de Biomas e levantamento da cobertura da Mata Atlântica na grande bacia do rio Doce e sub-bacia do ribeirão Graipú, Estado de Minas Gerais, Brasil.

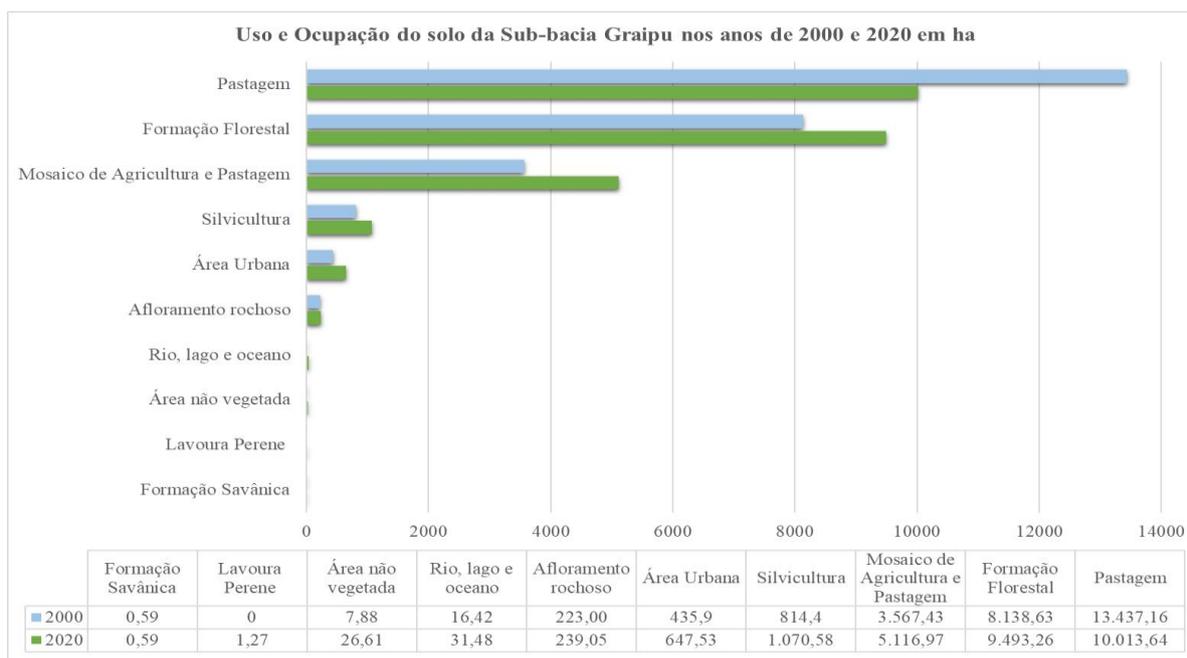


Fonte: MapBiomas (2020); ICMBio (2020); IBGE (2019d).

4. Resultados e Discussão

No gráfico de barras abaixo (Figura 4) visualizam-se os dados de uso e ocupação do solo nos anos 2000 e 2020. Os dados da classe Lavoura Perene (1,27 ha), não apresentaram informações referentes a 2000, apenas de 2020.

Figura 4 - Gráfico do uso e ocupação do solo da sub-bacia Graipu nos anos 2000 (azul) e 2020 (verde) em ha.



Fonte: Autores.

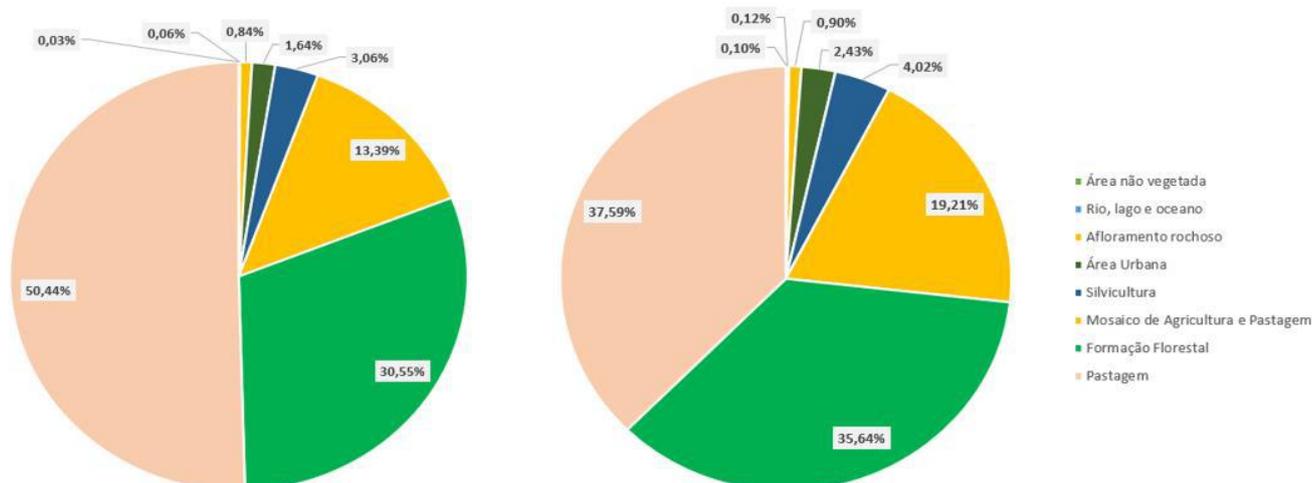
Com o intuito de simplificar as próximas análises, foram discutidos apenas os dados que possuíam um uso e ocupação do solo igual ou acima de 2% de área ocupada para ambos os períodos analisados.

Em 2000 (Figura 5A) verificou-se que o uso do solo para pastagem ocupou uma extensão de 50,44% (13.437,16 ha), formação florestal com um percentual de 30,55% (8.138,63 ha), mosaico de agricultura e pastagem 13,39% (3.567,43 ha) silvicultura 3,06% (814,40 ha) e área urbana 1,64% (435,90 ha) de área utilizada.

Figura 5 - Gráfico da % do uso e ocupação do solo da sub-bacia Graipu nos anos [A] 2000 e [B] 2020.

[A] 2000

[B] 2020



Fonte: Autores.

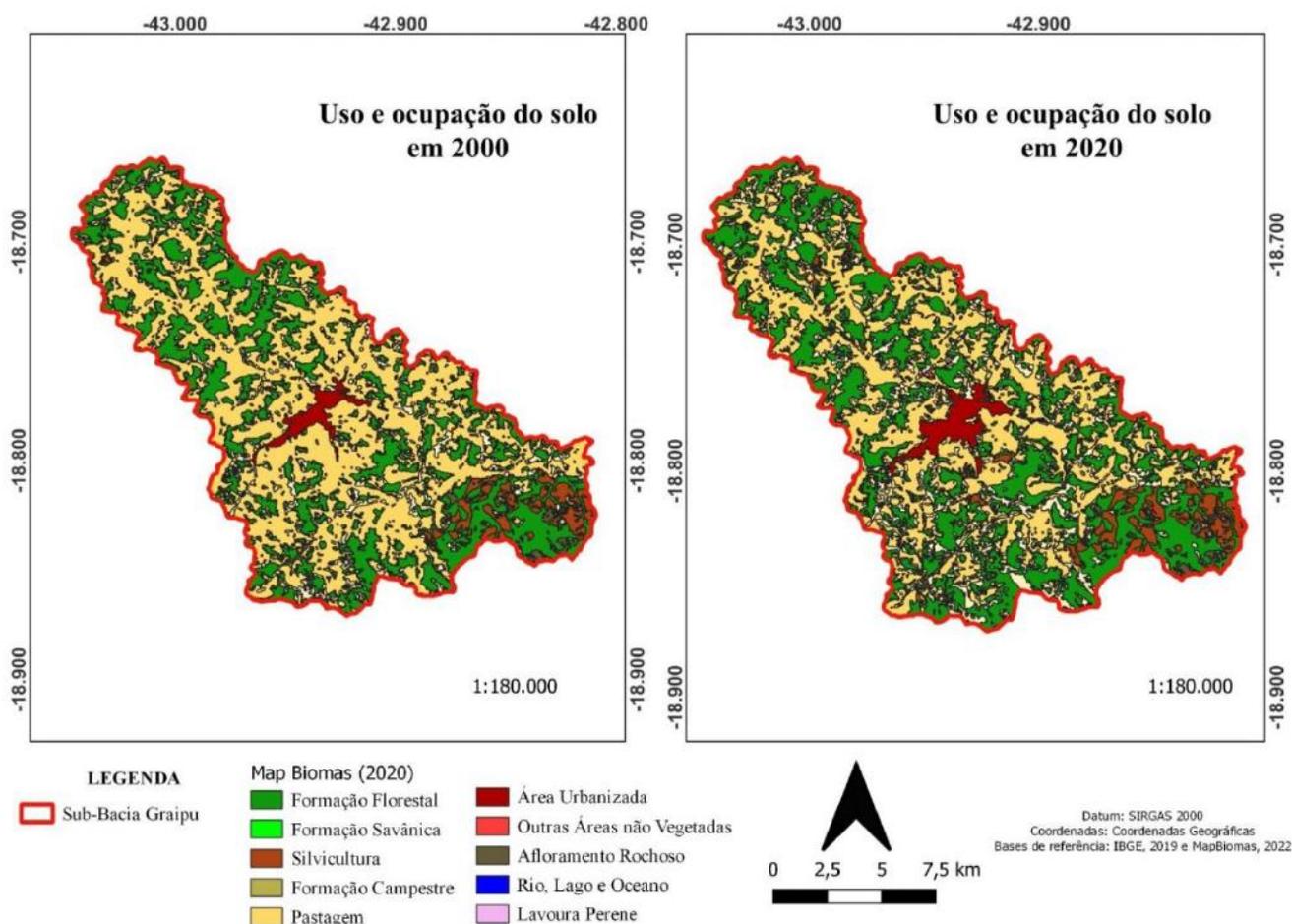
Em 2020 (Figura 5B) houve uma redução do uso do solo na classe de pastagem de 12,85% (3.423,52 ha), mas ainda esse é o uso predominante na sub-bacia, bem como na bacia do Rio Doce, segundo estudo realizado por Rioga (2021).

Houve um aumento de áreas utilizadas para: classe formação florestal de 5,09% (1.354,64 ha), classe mosaico de agricultura e pastagem de 5,82 % (1.549,54 ha), silvicultura de 0,96% (256,18 ha) e área urbana de 0,69% (211,63 ha). Nota-se que o crescimento é mínimo nas áreas de silvicultura e área urbana em relação às áreas de pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, e formação florestal, possivelmente pelo elevado número de propriedades rurais na sub-bacia. O crescimento das áreas classificadas como silvicultura, de acordo com a Prefeitura de Guanhães (2021), pode ser justificado, pelo município ser destaque no fornecimento de matéria prima para a indústria de celulose.

No Graipu existem cerca 331 imóveis rurais com área total de 23.070,23 ha (Serviço Florestal Brasileiro, 2021). Ou seja, se a área total da bacia calculada é de 26.641,23 ha (IBGE, 2019), somente 3.571 ha não estão mapeados no CAR - Cadastro Ambiental Rural, isso significa que existem áreas não passíveis de cadastro, por exemplo, áreas urbanas, áreas com o uso não rural e áreas que ainda não foram cadastradas no Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR.

Pode-se observar no mapa de uso e ocupação do solo (Figura 6) um comparativo entre os anos de 2000 e 2020. As imagens apresentam um visível aumento na classe de formação florestal e área urbanizada.

Figura 6 - Mapa de uso e ocupação da bacia do ribeirão Graipu, Estado de Minas Gerais, Brasil.



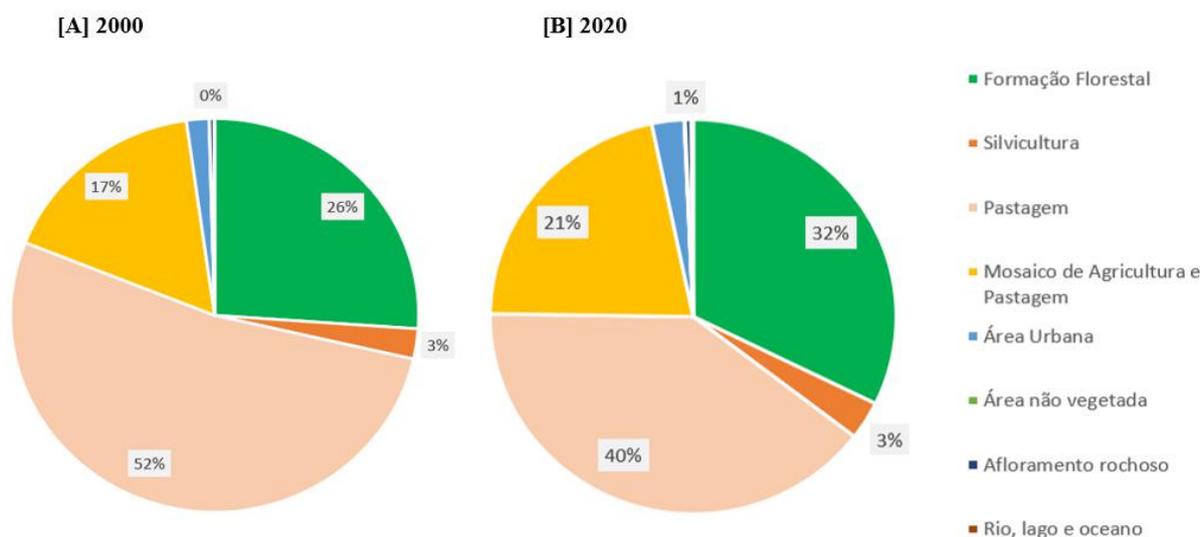
Fonte: Map Biomas (2020).

4.1 Tipo de Uso e Ocupação do Solo nas APPs total sub-bacia do Graipu

O uso e ocupação do solo nas áreas de APP total é uma somatória entre as áreas de APP de rio e áreas de APP em nascentes, para avaliação de um cenário geral. Após análise dos dados, observa-se que houve uma redução da classe Pastagem

de 12,85% no ano de 2020 em relação ao ano 2000 (Figura 7). Em contrapartida, houve um acréscimo das áreas de formação florestal de 6%, e um aumento da classe mosaico de agricultura e pastagem de 4% (Figura 7). Essa relação pode estar associada à conversão do solo, modificando os fins de uso e ocupação da bacia para atividades relacionadas a plantíos arbóreos e mosaicos de agricultura e pastagem.

Figura 7 - Gráfico da % do uso e ocupação do solo nas APPs totais (somatório da APP de rio e APP de nascente) em [A] 2000 [B] 2020.

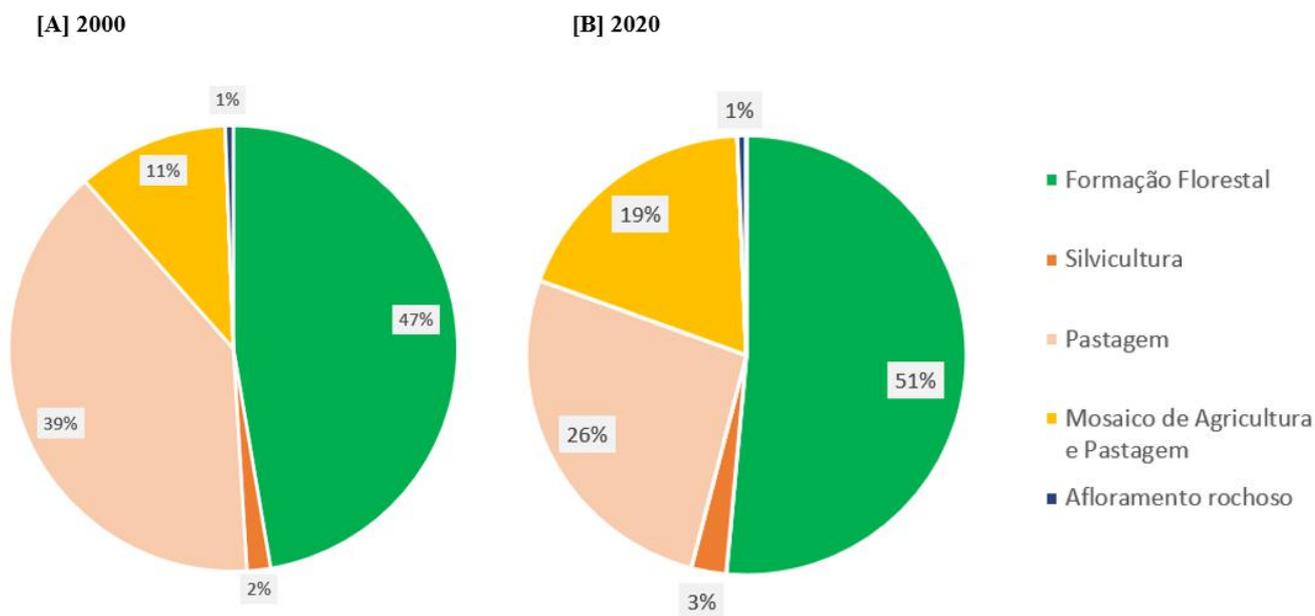


Fonte: Autores.

4.2 Tipo de Uso e Ocupação do Solo nas APPs em nascentes na sub-bacia do Graipu

Nas APPs de nascentes visualiza-se um discreto aumento da classe de formação florestal de 4% e da classe mosaico de agricultura e pastagem de 8% entre os anos de 2000 e 2020 (Figura 8). Em contrapartida foi observado uma redução de área utilizada para pastagem, com diferença de 13% entre os anos 2000 e 2020 (Figura 8). Esses dados permitem inferir que ao longo dos anos, parte das áreas de pastagem passaram por uma conversão de uso do solo para agricultura, o que justifica o aumento das áreas da classe mosaico de agricultura e pastagem.

Figura 8 - Gráfico da % do uso e ocupação do solo nas APPs de nascente [A] 2000 e [B] 2020.



Fonte: Autores.

O aumento da classe de formação florestal em ambos os gráficos, pode estar relacionado à criação de políticas públicas e discussões sobre o meio ambiente (ONU, 2020), destacando a Lei nº 11.428/2006 que dispõe sobre a utilização e proteção da Mata Atlântica (Brasil, 2006), e decreto nº 6.514/2008 que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas relacionadas ao meio ambiente (Brasil, 2008). Da mesma forma, a Lei 12.651/2012 dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, conhecida também como o “Novo código florestal” (Brasil, 2012).

De modo geral, a Lei 12.651/2012 impõe obrigações aos proprietários de imóveis rurais, os quais devem recompor, regenerar e compensar as áreas de reserva legal, sendo que para o estado de Minas Gerais a obrigatoriedade de recomposição é de 20%, além de recompor e regenerar as APPs. Para imóveis menores que 4 módulos fiscais, caso a APP tenha sido convertida antes de 22 de julho de 2008, é permissível que o proprietário continue utilizando as áreas, mantendo o uso consolidado e recompondo somente as faixas obrigatórias. Nos casos de conversão de novas áreas após o ano de 2008 e para os imóveis maiores que 4 módulos fiscais, é necessário recompor toda a faixa da APP definida na legislação (Brasil, 2012).

Por meio de dados da sub-bacia do ribeirão Graipu, disponíveis no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – (SICAR) (Serviço Florestal Brasileiro, 2021), aproximadamente 285 imóveis são classificados como pequenas propriedades e 46 imóveis são classificados como de média e grande propriedade (INCRA, 2020). A tendência é que esses proprietários façam a adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) para adequação ambiental de seus imóveis, de forma que possam ter acesso aos benefícios do PRA. Além disso, torna-se necessário que o produtor elabore o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas - PRADA, para recomposição e regeneração das áreas de vegetação nativa, ampliando e potencializando as áreas de formação florestal no decorrer dos anos.

5. Conclusão

Os resultados obtidos por meio deste estudo durante os anos de 2000 e 2020, demonstram que, diferentemente do que foi previsto na hipótese inicial, não houve redução significativa para a classe formação florestal, mas sim um discreto aumento, que pode estar relacionado com a criação e implementação de políticas públicas inerentes ao aumento das discussões sobre a conservação destes locais. Uma estratégia para proteção e manutenção a médio e longo prazo da cobertura vegetal e formação

florestal, é que sejam implementados projetos de restauração dessas áreas, com ações de revitalização, proteção e recuperação do ribeirão Graipu.

É importante ainda a realização de trabalhos de educação ambiental considerando metodologias para proteção e técnicas de restauração e conservação de áreas, fomentando atividades de conscientização, além da valorização de bens e serviços ecológicos. Além disso, é de suma importância, implementar programas de monitoramento das áreas aqui estudadas, prevendo o monitoramento da fauna e flora (avaliação da resiliência das espécies) como forma de integrar-se com a paisagem e seus fluxos de matéria e organismos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto P&D ANEEL/CEMIG GT-599 pela concessão da bolsa de estudos, financiamento e viabilização do projeto de pesquisa. Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Guanhães - Minas Gerais, pelo fornecimento de dados e subsídio financeiro. A empresa CENIBRA Celulose Nipo-Brasileira S.A e, Instituto Estadual de Florestas (IEF) do município de Guanhães - Minas Gerais, pelo fornecimento de dados e apoio em campo. Ao Laboratório de Ecologia de Bentos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo suporte e apoio durante toda a pesquisa.

Referências

- Getirana A., Libonati, R., & Cataldi, M. (2021) "Brazil is in water crisis — it needs a drought plan," , *Nature*, vol. 600(7888), pages 218-220, December. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-03625-w>
- ANA. (2016). *Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG*. Conjuntura Dos Recursos Hídricos No Brasil, 1, 1–50.
- Attanasio, C. M, Rodrigues, R., & Gandolfi, S. (2006). *Adequação Ambiental De Propriedades Rurais Recuperação de Áreas Degradadas Restauração de Matas Ciliares*.
- Attanasio, Cláudia Mira, Gandolfi, S., Zakia, M. J. B., Carlos, J., Veniziani, T., & Lima, W. D. P. (2012). A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. *Áreas Ripárias e Uso Da Terra Em Microbacias*, 71, 493–501.
- Botelho, S. A., & Davide, A. C. (2002). Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In *Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*. Belo Horizonte (Issue June 2015).
- Brasil (2006). *Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
- Brasil (2008). *Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008*. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.
- Brasil (2012). *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- Bruijnzeel, L. A. (1989). (De) Forestation And Dry Season Flow In The Tropics : A Closer Look. *Journal of Tropical Forest Science*, 1(3), 229–243. <https://www.jstor.org/stable/43594578>
- CBH-Doce. (2016). *CBH-DOCE: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce*. <https://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>
- Diehl, A. A., & Tatim, D. C. (2004). *Pesquisa em ciências sociais aplicadas: Métodos e técnicas*. Pearson Brasil.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- ECOPLAN-LUME, C. (2010a). *Bacia Hidrográfica Do Rio Doce E Planos Hídricos No âmbito Da Bacia Do Rio Doce: Vol. I*.
- ECOPLAN-LUME, C. (2010b). *Plano integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e Planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce.: Vol. I*.
- Farias, J. F., Vicente, E., & Nascimento, F., (2015). Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. 1778, 14–27. <https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.v3n6p14-27>
- Fundação RENOVA. (2020). Impactos na bacia do rio Doce. <https://portal-de-monitoramento-rio-doce-fundacaorenova.hub.arcgis.com/pages/pa-impactos-da-bacia-do-rio-doce>
- Guanhães, P. M. de. (2021). *Guanhães*. <https://guanhaes.mg.gov.br/guanhaes/a-cidade/>

- IBGE. (2019). *Dados do IBGE: Município de Guanhães*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Secretaria Especial de Articulação Social. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guanhaes/panorama>
- IBGE. (2022). *Estimativa de população no Município de Guanhães*. Avaliação em 2021. IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guanhaes/panorama>
- Leite, F. P., de Barros, N. F., Aguilar Sans, L. M., & Fabres, A. S. (1997). Soil water regime under stand of eucalypts, natural forest and pasture. In *Revista árvore*. 21(4), 455–466.
- Mack, R., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Michael, C., & Bazzaz, Fakhri, A. (2000). Issues in Ecology. *Ecological Application*, 89(4), 689–710. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
- Mustow, S. E. (2002). Biological monitoring of rivers in Thailand: Use and adaptation of the BMWP score. *Hydrobiologia*, 479, 191–229. <https://doi.org/10.1023/A:1021055926316>
- Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Neiman, R. J., Décamps, H., & McClain, M., (2005). *Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities* (Elsevier).
- ONU. (2021a). *Começa a Década da ONU da Restauração de Ecossistemas*. <https://www.decadeonrestoration.org/pt-br>
- ONU. (2021b). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)- Agenda 2030*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Secretaria Especial de Articulação Social. <https://odsbrasil.gov.br/>
- ONU. (2022). *Objetivo 15- Vida terrestre*. <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=15>
- Guanhães, P. M. de. (2021). Guanhães. <https://guanhaes.mg.gov.br/guanhaes/a-cidade/>
- Ribeiro, W. C., Santos, C. L. S., & Silva, L. P. B. (2019). Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teóricos. *AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política*, 1(2), 11–37. <https://doi.org/10.48075/amb.v1i2.23619>
- Rodrigues, R., Brancalion, P. H., & Isernhagen, I. (2009). *Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal (LERF/ESALQ)*.
- Salemi, L. F., Groppo, J., Moraes, J. M. De, Lima, W. de P., & Martinelli, L. A. (2011). *Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação permanente ao longo dos corpos de água*. 23(July 2016), 69–80.
- São Paulo. (2009). *Preservação e recuperação das nascentes de água e vida*. In *Cadernos da Mata Ciliar* (Vol. 1).
- SER. (2019). *Society for Ecological Restoration. Restoration Ecology Journal*. <https://www.ser.org/page/RestorationEcology>
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., & Vilà, M. (2013). Impacts of biological invasions: What's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
- SOS Mata Atlântica. (2021). *Fundação SOS Mata Atlântica. Mata Atlântica Como "Hotspot."* <https://www.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica/>
- Souza, M. J. H. de, Ribeiro, A., Leite, H. G., Leite, F. P., & Minuzzi, R. B. (2006). Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(3), 629–638. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662006000300014>
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L., Ribeiro, Carlos A. A. S., & Leite, F. P. (2009). Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore-Sociedade de Investigações Florestais*, July 2014, 11.