

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GEOGRAFIA

ROGÉRIO RODRIGUES DE BARROS

**FRAGILIDADES NA PROTEÇÃO DE NASCENTES E ÁREAS  
ÚMIDAS: COMPLEXIDADE HIDROGEOMORFOLÓGICA E  
LIMITAÇÕES LEGAIS**

JUIZ DE FORA  
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GEOGRAFIA

ROGÉRIO RODRIGUES DE BARROS

**FRAGILIDADES NA PROTEÇÃO DE NASCENTES E ÁREAS  
ÚMIDAS: COMPLEXIDADE HIDROGEOMORFOLÓGICA E  
LIMITAÇÕES LEGAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de geografia, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe

JUIZ DE FORA  
2022

ROGÉRIO RODRIGUES DE BARROS

**FRAGILIDADES NA PROTEÇÃO DE NASCENTES E ÁREAS  
ÚMIDAS NOS MARES DE MORROS: COMPLEXIDADE  
HIDROGEOMORFOLÓGICA E LIMITAÇÕES LEGAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Geografia, submetido à seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe (Orientador)  
Departamento de Geociências - UFJF

---

Prof Dra. Gisele Barbosa Santos  
Departamento de Geociências - UFJF

---

Prof Dr. Roberto Marques Neto  
Departamento de Geociências - UFJF

Conceito obtido: 95  
Juiz de Fora, 18 de fevereiro de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram comigo nessa caminhada pela graduação e que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus familiares, que estiveram do meu lado em todos os momentos de dificuldades e sempre me apoiaram.

Aos meus amigos e colegas de curso que me acompanharam durante todos esses anos e foram fundamentais durante todo esse percurso, com sua companhia e apoio em todos os momentos.

A Universidade Federal de Juiz de Fora, assim como o departamento de Geociências, que sempre forneceram todas as condições para o aprendizado durante toda essa jornada.

A todos os professores que contribuíram com aprendizados e ensinamentos valiosos durante toda a graduação, fornecendo as bases e conhecimentos necessários para a elaboração deste trabalho. Um agradecimento especial ao professor Miguel Fernandes Felipe, por ter aceitado me acompanhar durante minha trajetória acadêmica e pelas orientações e ensinamentos valiosos.

A todas as pessoas que contribuíram diretamente ou indiretamente para este trabalho.

## RESUMO

Nascentes e áreas úmidas são sistemas ambientais e hidrogeomorfológicos de grande importância para o ciclo hidrológico e a dinâmica natural de processos hidrogeomorfológicos em uma bacia hidrográfica, além de possuírem enorme relevância no que tange à aspectos sociais e econômicos. A existência e a funcionalidade desses hidrossistemas se apresenta cada vez mais ameaçada, diante de um contexto de processos de intervenção no meio e modificação das formas de uso e cobertura da terra que visam, principalmente, o crescimento urbano e a agropecuária. Diante desse cenário, foi identificada, por meio técnicas de sensoriamento remoto e fotointerpretação, a distribuição espacial das nascentes e áreas úmidas presentes no alto curso da Bacia Hidrográfica do Córrego São Mateus (Juiz de Fora-MG), para posteriormente contextualizar as características hidrogeomorfológicas desses hidrossistemas e o seu grau de proteção através da identificação das formas de uso e cobertura da terra nas áreas de APPs referentes às nascentes e cursos d'água. Os resultados obtidos evidenciam que uma grande parcela de nascentes e áreas úmidas presentes na região se encontram desprotegidas, com faixas de proteção insuficientes no que tange às APPs, apresentando formas de uso e cobertura da terra em seus arredores que colocam sua integridade e funcionamento em risco. Portanto, conclui-se que algumas disposições presentes na legislação ambiental brasileira se mostram ineficientes em relação à proteção desses hidrossistemas, principalmente em relação às áreas úmidas, que se mostraram menos protegidas quando comparadas às nascentes da área de estudo.

**Palavras-chave:** Nascentes, Áreas Úmidas, Hidrogeomorfologia, APPs

## **ABSTRACT**

Springs and wetlands are environmental and hydrogeomorphological systems of great importance for the hydrological cycle and for the natural dynamics of hydrogeomorphological processes. Besides, they have enormous relevance regarding social and economic aspects. The existence and functionality of these hydrosystems are increasingly threatened due to the modifications of land use by urban growth, livestock and agriculture. In this scenario, the spatial distribution of springs and wetlands in the upper course of the São Mateus stream hydrographic basin (Juiz de Fora-MG-Brazil) was mapped, in order to contextualize the hydrogeomorphological characteristics of these hydrosystems and their degree of protection/aggression, through the overlaying of land use in Permanent Preservation Areas (APP) of springs and water courses. The results show that most of the springs and wetlands studied are unprotected, surrounded by pasture, which puts their integrity and functioning at risk. Therefore, it is concluded that some provisions present in Brazilian environmental legislation are inefficient in relation to the protection of these hydrosystems, especially in relation to wetlands, which were less protected when compared to the springs of the study area.

**Keywords:** Springs, Wetlands, Hydrogeomorphology, APPs

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – Bacia Hidrográfica do Córrego São Mateus.....	28
<b>FIGURA 2</b> – Unidades geológicas da área de estudo.....	29
<b>FIGURA 3</b> – Localização dos hidrossistemas.....	37
<b>FIGURA 4</b> – Mapeamento das formas de relevo da área de estudo.....	39
<b>FIGURA 5</b> – Identificação das morfologias das vertentes.....	40
<b>FIGURA 6</b> – Uso e cobertura da terra na área de estudo.....	42
<b>FIGURA 7</b> – Delimitação de APPs para o alto curso da área de estudo.....	44
<b>FIGURA 8</b> – Interpolação entre APPs e uso e cobertura da terra dentro dos <i>buffers</i> ...	46
<b>FIGURA 9</b> – Pontos verificados em campo.....	58
<b>FIGURA 10</b> – Área úmida de encosta (AU46).....	59
<b>FIGURA 11</b> – Lago à jusante de área úmida (AU46).....	59
<b>FIGURA 12</b> – Nascente helocrena/área úmida (AU29) na beira da estrada.....	60
<b>FIGURA 13</b> – Hidromorfismo aparente na área úmida (AU29).....	61
<b>FIGURA 14</b> – Vegetação higrófitas na área úmida (AU29).....	61
<b>FIGURA 15</b> – Área úmida (AU03) localizada entre duas estradas.....	62
<b>FIGURA 16</b> – Área úmida (AU03) de depressão.....	62
<b>FIGURA 17</b> – Presença de capoeiras e uma árvore ao redor da nascente (N46).....	63
<b>FIGURA 18</b> – Nascente reocrena (N46) um pouco acima da área úmida (AU03).....	64
<b>FIGURA 19</b> – Área úmida (AU04) de depressão próxima à estrada.....	64
<b>FIGURA 20</b> – Área úmida (AU04) em formato de meia-lua.....	65
<b>FIGURA 21</b> – Área úmida (AU08) vista da estrada.....	66
<b>FIGURA 22</b> – Área úmida (AU08) formada em uma depressão.....	66

<b>FIGURA 23</b> – Ambiente lótico em área úmida (AU10).....	67
<b>FIGURA 24</b> – Pequena área úmida (AU10).....	68
<b>FIGURA 25</b> – Estrada que leva até a nascente helocrena (N44).....	68
<b>FIGURA 26</b> – Lago próximo à área úmida (AU18).....	69
<b>FIGURA 27</b> – Área úmida (AU18) com hidromorfismo aparente.....	70
<b>FIGURA 28</b> – Área úmida (AU18) associada à drenagem local.....	70
<b>FIGURA 29</b> – Vegetação higrófitas no centro da área úmida (AU18).....	71
<b>FIGURA 30</b> – Subssistemas separados pela estrada.....	71

## **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 1** – Classificação das áreas úmidas conforme seu estado de conservação.. 48

**TABELA 2** – Classificação das nascentes conforme seu estado de conservação..... 52

**TABELA 3** – Classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas..... 53

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1</b>	– Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego São Mateus	43
<b>GRÁFICO 2</b>	– Uso e cobertura da terra nas áreas de APP.....	46
<b>GRÁFICO 3</b>	– Conformidade das APPs de nascentes.....	47
<b>GRÁFICO 4</b>	– Grau de conservação das nascentes.....	49
<b>GRÁFICO 5</b>	– Uso e cobertura da terra nos arredores das nascentes.....	50
<b>GRÁFICO 6</b>	– Grau de proteção das áreas úmidas.....	54
<b>GRÁFICO 7</b>	– Uso e cobertura da terra nos arredores das áreas úmidas.....	56
<b>GRÁFICO 8</b>	– Uso e cobertura da terra nos arredores das áreas úmidas com APPs..	56

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
NASCENTES E SUA PROTEÇÃO.....	20
ÁREAS ÚMIDAS E SUA PROTEÇÃO.....	24
ÁREA DE ESTUDO.....	27
METODOLOGIA.....	32
ASPECTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS DE NASCENTES E ÁREAS ÚMIDAS....	37
CONFORMIDADES E DESCONFORMIDADES DAS APPS.....	42
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

## 1. INTRODUÇÃO

As transformações dos ambientes naturais pela interferência antrópica vêm adquirindo proporções cada vez maiores, fazendo com que o ser humano seja considerado como um novo e intenso agente geológico. Sendo assim, a humanidade se torna vítima das respostas dessas modificações, resultantes de mudanças na agricultura, do crescimento demográfico, da evolução urbana e industrial, principalmente a partir do último século (BENDA; ALVES; CORRÊA, 2007; BACANI et al. 2015).

Ao se apropriar do espaço e de seus recursos naturais, a sociedade se insere nos sistemas naturais e aumenta a sua complexidade à medida em que intervêm nas formas de relevo e intensificam os processos morfogenéticos (CORDEIRO et al., 2014). Suas ações causam grandes alterações na paisagem em um ritmo muito mais acelerado, o que afeta a dinâmica natural e os fluxos de matéria e energia imprimidos pela natureza (ROSS, 1993; AMARAL & ROSS, 2009).

Desta forma, as sociedades, cada vez mais antropizadas e caracterizadas pelas inter-relações entre ciência, técnica e informação, interferem e atuam nas formas e processos físicos e naturais através de seus modos de uso e ocupação da terra, acelerando os processos geomorfológicos e impondo-lhes maiores ritmos e intensidades, resultando na alteração de suas escalas de tempo de ocorrência de tais processos (PEREZ FILHO; QUARESMA, 2012).

Essa problemática resultou em um amplo debate na comunidade acadêmica que visou discutir a nossa atual vivência em uma era onde os processos de transformações da superfície terrestre são comparáveis àquelas de um distante passado geológico, já que as atividades humanas vêm alterando significativamente os ciclos e processos geológicos, geomorfológicos, físicos, químicos e ecológicos. Diante desse contexto, foi estabelecido o termo “Antropoceno” para definir esse novo tempo geológico (FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2020).

No entanto, a destacada e crescente atuação dos seres humanos como um agente geológico e geomorfológico na formação e evolução das paisagens não está restrita apenas às consequências do aumento populacional, que acarretam na

exploração de mais recursos naturais, estando associados também aos avanços das técnicas e no aumento de usos energéticos, impulsionadas por mudanças de caráter tecnológicos, políticos, culturais e socioeconômicos (FRANÇA JÚNIOR; PELOGGIA, 2020).

Na segunda metade do século XX e início do século XXI, o Brasil passou por uma grande mudança na concentração espacial de sua população, passando de predominantemente rural para predominantemente urbano, resultando em uma pressão mais intensa sobre o meio físico e os ecossistemas, causando uma intensa modificação nas paisagens e em sua dinâmica (PELECH; PEIXOTO, 2020).

A urbanização, a industrialização e a agricultura intensiva são vetores de grandes transformações no relevo e nos sistemas fluviais, provocando impactos de escalas globais e alterando os modos de vida da população. Tais modificações e os problemas socioambientais em que acarretam se fazem sentir nos sobrecustos da consolidação e manutenção das cidades; na degradação ambiental e no desconforto e risco de vida impostos a parcelas significativas da população (PELOGGIA, 2017; PELECH; PEIXOTO, 2020).

Será principalmente nas concentrações urbanas onde a ação modificadora do homem sobre a natureza ganha um caráter mais intenso, amplo e diversificado, afetando diretamente ou indiretamente a vida de muitos seres humanos (PELOGGIA, 2017). O caráter dinâmico e voltado ao lucro imediato da industrialização e urbanização, faz com que a apropriação dos solos e do relevo por parte de atividades produtivas resulte em graves consequências ambientais.

Além das modificações nas formas de relevo por meio das formas de uso e ocupação da terra, as cidades e demais áreas de expansão urbana também apresentam problemas relacionados à poluição dos cursos d'água, à modificação da conectividade e dinâmica hidrológica, à degradação de ecossistemas e à redução de disponibilidade hídrica, sendo importante dar uma atenção crítica aos aspectos referentes às relações sociais e de poder, assim como seu papel nas transformações sociais e ambientais (PELECH; PEIXOTO, 2020).

Cabe destacar que em zonas rurais também é possível observar reflexos da mesma problemática, já que atividades como a agricultura e pecuária também são

responsáveis por alterações na paisagem, ocasionando a diminuição da qualidade e da produtividade do solo, além de gerarem impactos na qualidade da água e aceleração da sedimentação natural em rios e lagos (CAPOANE; TIECHER; RHEINHEIMER, 2016).

Em contraste com o uso de recursos hídricos com fins de captação de água por parte da população, principalmente de comunidades tradicionais, se encontram as intensas transformações de cursos d'água pela exploração indevida dos recursos naturais e atividades urbano-industriais, resultando na degradação ou até mesmo de sua remoção, seja por meio de canalizações ou por aterramento, promovendo diversos impactos em todo o sistema fluvial (PARAGUASSÚ et al, 2010).

Tais transformações e interferências trazem à tona a necessidade de prevenção de problemas ambientais relacionados à utilização da água, que de acordo com a Lei Federal nº 9.433/97, é um bem finito, dotado de valor econômico, escasso, vulnerável e de múltiplos usos. Por ser encontrada de diferentes formas na natureza, existe a necessidade do planejamento dos recursos hídricos disponíveis de acordo com as diretrizes municipais, estaduais e federais, visando adequar seu uso e proteção, assegurando a sua qualidade e quantidade (BENDA; ALVES; CORRÊA, 2007).

A exploração dos recursos hídricos e naturais resultam em danos ambientais que se intensificam quando o uso e ocupação do solo pela agricultura ou urbanização se estendem até áreas ecologicamente sensíveis e que exercem importantes funções do ponto de vista hidrológico e ecológico, como nascentes e áreas úmidas (CAPOANE; TIECHER; RHEINHEIMER, 2016). Esses dois hidrossistemas destacados são responsáveis pela manutenção das águas fluviais, que são os recursos hídricos mais acessíveis para captação por parte da população e para atividades econômicas, já que a utilização de águas superficiais se mostra mais viável se comparada com as águas subterrâneas (MAGALHÃES JR; FELIPPE, 2011; CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2014).

As nascentes podem ser entendidas como sistemas ambientais conectados à dinâmica hidrológica subsuperficial, sendo os locais onde as águas subsuperficiais afloram de forma temporária ou perene quando o nível freático atinge a superfície (SPRINGER et al. 2008; FELIPPE e MAGALHÃES JR, 2013).

As áreas úmidas são sistemas hidrogeomorfológicos saturados por água, alagados de forma permanente ou sazonal, sendo formadas devido às inundações de cursos d'água e/ou pela precipitação direta ou afloramento do lençol freático, proporcionando condições de formação de espécies vegetais adaptadas a essas condições e/ou solos com características hidromórficas (RAMSAR, 1971; BRINSON, 1993; PIEDADE et al. 2012; JUNK e PIEDADE, 2015).

Esses hidrossistemas (nascentes e áreas úmidas) são resultantes das condições climáticas, geológicas, hidrográficas, topográficas e de atividades antrópicas, que influenciam em sua conformação espacial, em sua hidrodinâmica e nos processos hidrogeomorfológicos locais, como a sedimentação, o escoamento subsuperficial e a exfiltração de águas subsuperficiais. Além disso, algumas nascentes podem se comportar como áreas úmidas (aquelas de exfiltração difusa) e algumas áreas úmidas podem se comportar como nascentes, quando geram um curso d'água à sua jusante. Desta forma, tanto nascentes e áreas úmidas podem consistir em um mesmo sistema que apresenta funcionalidades e características semelhantes. Suas conexões com águas superficiais e processos associados fazem com que esses hidrossistemas se configurem em locais únicos do ponto de vista geomorfológico e ecológico, possuindo características físicas e biológicas que os distingue de outros ecossistemas terrestres (SPRINGER & STEVENS, 2009; JACKSON; THOMPSON; KOLKA, 2014; JUNGHANS et al. 2016).

Além disso, oferecem variados serviços ambientais para a sociedade e meio ambiente em função de seus recursos ecológicos, culturais e suas múltiplas funcionalidades, como a possibilidade da captação de água, a recarga do lençol freático e regulação do clima, servindo como filtro para poluentes e como recursos hídricos. Cabe também destacar seu papel como habitat para diversas espécies da fauna e flora, principalmente para plantas higrófilas e hidrófitas (SPRINGER et al. 2008; CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2015).

Apesar de suas particularidades e diferentes estratégias de conservação, esses hidrossistemas têm em comum um papel importante dentro do ciclo hidrológico e na dinâmica da paisagem, atuando no controle de erosão, no escoamento superficial e subsuperficial e na perda de água por evaporação e/ou consumo da vegetação. Sua

inserção na totalidade da paisagem e a conectividade com a mesma, implica que mudanças no meio, principalmente por atividades antrópicas, estão sujeitas à comprometer sua qualidade ambiental, afetando a saúde de quem se abastece de suas águas – tanto pessoas quanto animais, e também a sua estabilidade e funcionamento, ameaçando a sua existência.

Cabe destacar que a vegetação no entorno desses hidrossistemas também se vê ameaçada. A vegetação ripária é responsável por garantir a proteção dessas áreas e também por atuar em processos geomorfológicos, como na infiltração de água no solo, no escoamento superficial e na deposição e transporte de sedimentos, sendo, portanto, essencial pensar também em sua proteção quando se fala de nascentes e áreas úmidas.

As nascentes e áreas úmidas se apresentam dispostas em contextos geomorfológicos distintos, mais notoriamente em cabeceiras de drenagem ou ambientes de morfologias côncavas e suaves, que são propícios para a exfiltração de água devido ao menor gradiente dos fluxos subterrâneos; e em fundos de vale e margens de cursos d'água, estando associadas à precipitação e ao escoamento superficial. Portanto, apresentam configurações distintas e específicas em contextos geomorfológicos distintos (GOMES e MAGALHÃES JR., 2020).

Diante da crescente urbanização, de legislações pouco efetivas e gestões ineficientes, vêm à tona o debate sobre a proteção dos ecossistemas e recursos hídricos brasileiros, cuja importância econômica, social e ecológica é enorme para a sociedade, além de possuírem um papel fundamental no ciclo hidrológico (JUNK e PIEDADE, 2015).

O novo código florestal vigente (BRASIL, 2012) apresenta algumas mudanças e questões polêmicas, como: não contemplar como APPs o entorno de nascentes intermitentes<sup>1</sup> e as faixas marginais de cursos d'água efêmeros; a definição pouco abrangente de áreas úmidas - que resulta na exclusão de conjunto diverso de áreas úmidas, e também na questão de definição e demarcação do leito de rios no que tange

---

<sup>1</sup> O Supremo Tribunal Federal (STF), em 2018, decidiu a inconstitucionalidade desse artigo, entendendo que as nascentes e olhos d'água intermitentes também devem ser protegidos. No entanto, o documento legal continua com o texto original.

à definição de faixas de proteção das APPs. Portanto, as falhas e brechas encontradas na legislação evidenciam a necessidade da reformulação em alguns de seus pontos para que as nascentes e áreas úmidas tenham sua proteção assegurada e de maneira adequada.

Os conflitos de interesses relacionados ao uso e ocupação da terra e de sua cobertura vegetal trazem à tona a discussão acerca da efetividade do Código Florestal para a proteção do meio ambiente, já que são colocados em debate diferentes pontos de vista que tornam mais difícil a tarefa de se construir uma legislação ambiental mais justa e eficiente de forma a impedir ou mitigar possíveis impactos e degradação ambiental (PIEADADE et al. 2012).

O caráter permissivo e a excessiva flexibilização vistas em discussões e versões que antecederam a elaboração do Código Florestal vigente foram amplamente discutidos e duramente criticados, como em Ab'Saber (2010). Obteve-se um certo avanço em relação à algumas proposições iniciais, porém, outras medidas impopulares foram mantidas, como a necessidade de se manter apenas 20% da área de cobertura de vegetação nativa em imóveis rurais fora da Amazônia Legal, que se mostra um percentual bastante reduzido, possibilitando grandes devastações ambientais em curto e médio prazo (AB'SABER, 2010).

O vasto território brasileiro e seus domínios de natureza, que apresentam fisionomias, ecologias e condições socioambientais distintas entre si, exigem que quaisquer diretrizes elaboradas pelo Código Florestal tenham como foco as grandes regiões naturais do Brasil e suas particularidades. Desta forma, órgãos e instituições federais devem estabelecer e manter conexões com instituições estaduais de funções semelhantes para garantir uma melhor administração (AB'SABER, 2010).

Para se interpretar as condições ambientais e o grau de proteção de nascentes e áreas úmidas, escolheu-se uma área de estudo localizada em Juiz de Fora, no sudeste do estado de Minas Gerais. Esta área está situada no domínio dos Mares de Morro Florestados, que apresenta relevo mamelonar, com baixas e médias vertentes, vales encaixados, rede de drenagem rica resultante das precipitações advindas do clima quente e úmido da área, responsável por produzir solos e mantos de alteração espessos (AB'SABER, 2003; KAMINO *et al.*, 2019). Desta forma, as características

dessa área proporcionam a formação de um número significativo de áreas úmidas e nascentes difusas de menor extensão, que podem se formar em áreas saturadas ao longo de cursos d'água em épocas de cheias, denominadas áreas de contribuição dinâmica, ou em áreas cuja capacidade de infiltração do solo já se excedeu, resultando em um acúmulo de fluxos em superfície (CHARLTON, 2007).

Esta área se apresenta circundada por áreas de expansão urbana, tornando a integridade desses frágeis hidrossistemas ainda mais ameaçados, sendo então necessário discutir estratégias de proteção e conservação para garantir sua integridade e funcionamento.

Diante desse fator, as amostras apresentam-se inseridas na bacia hidrográfica do córrego São Mateus, que por sua vez localiza-se nos interflúvios das bacias hidrográficas do córrego do Peixe e do córrego Paraibuna. Esse trabalho não tem como objetivo encerrar a questão dos hidrossistemas nos Mares de Morros, mas pode vir a ser uma ferramenta importante para interpretar os processos que aqui ocorrem.

Portanto, reconhecer a unidade de paisagem, as características hidrogeomorfológicas e a forma de ocupação na área em se inserem as nascentes e as áreas úmidas é fundamental para compreender sua dinâmica espacial e seu funcionamento. Feito isso, torna-se possível a formulação de medidas de proteção e conservação mais efetivas para esses hidrossistemas de grande valor socioeconômico e ambiental.

A conformação de nascentes e áreas úmidas na região dos Mares de Morros Florestados possui um caráter singular quanto às condições de formação e o comportamento desses hidrossistemas, sendo localizadas notoriamente em cabeceiras de drenagem e em fundos de vale. No entanto, quando se apresentam próximos a áreas de atividades antrópicas, tanto em zonas urbanas como rurais, sua existência se encontra ameaçada.

Esses hidrossistemas, principalmente aqueles de exfiltração difusa e caráter helocreno, abundantes no recorte espacial escolhido, promovem um maior contato da água com o solo e são mais suscetíveis à degradação, possuindo assim uma alta sensibilidade frente aos impactos advindos de atividades humanas por sua conectividade com toda a estrutura da paisagem.

Assim, esse trabalho busca discutir a fragilidade na proteção de nascentes e áreas úmidas nacionais, com foco naquelas situadas nos Mares de Morros Florestados, para então propor soluções e subsídios embasados tanto empiricamente, por visitas de campo, quanto na produção nacional acerca desse tema. Desta maneira, a justificativa para o seguinte estudo se encontra na crescente pressão e ameaça em que os hidrossistemas abordados estão sujeitos devido às atividades antrópicas e da degradação ambiental em que acarretam. Garantir sua proteção e conservação é de interesse geral para a sociedade, já que assegurar sua qualidade ambiental implica na melhoria de vida de comunidades humanas e da fauna e flora que fazem uso desses sistemas como recurso hídrico.

Para isso, será feita uma interpretação acerca da legislação ambiental vigente no país, observando quais medidas e critérios estão sendo adotados para garantir a proteção das nascentes e áreas úmidas, assim possibilitando uma discussão sobre a efetividade ou ineficácia das ferramentas adotadas. Em seguida, será incorporada a essa discussão uma interpretação dos resultados encontrados nos mapeamentos e nas pesquisas de campo, sendo analisado se as nascentes e áreas úmidas encontradas no recorte espacial delimitado estão tendo sua proteção efetivamente assegurada.

Serão apontadas as fragilidades encontradas na legislação quanto à proteção dos hidrossistemas mencionados, mostrando onde se encontram as principais brechas e falhas da legislação e explicando suas causas, para assim buscar apontar possíveis soluções para superar os problemas encontrados em relação às formas de proteção empregadas atualmente.

Ao compreender as características dos hidrossistemas dessa área, assim como sua gênese, dinâmica e conexões com a paisagem, será possível compreender como se comportam frente às alterações ambientais de origem antrópica, garantindo que medidas mais adequadas para sua proteção e conservação sejam elaboradas e aplicadas.

Tem-se como objetivo específico:

- (a) Identificar as nascentes e áreas úmidas presentes na área de estudo escolhida. Para isso, serão aplicadas técnicas e métodos de sensoriamento remoto e fotointerpretação geográfica. Após sua localização e delimitação,

serão discutidas as características da área, para assim discorrer sobre as características e a distribuição espacial dos hidrossistemas, assim como sua interação com a paisagem.

- (b) Observar a conformidade das APPs das nascentes e áreas úmidas através da verificação de seus arredores e dos usos e coberturas da terra de áreas adjacentes.
- (c) Discutir a legislação ambiental vigente no que tange à proteção de nascentes e áreas úmidas, para assim verificar se os hidrossistemas estão sob condições legais de proteção.

## 2. NASCENTES E SUA PROTEÇÃO

A dinâmica dos ciclos hidrológicos se vê cada vez mais ameaçada diante das intensas modificações no espaço, que se refletem nas mudanças de formas e ocupação do solo, ameaçando o equilíbrio ambiental. Nas paisagens urbanas, nascentes e cursos d'água, essenciais para no funcionamento dos sistemas fluviais, aparecem cada vez mais degradados ou até mesmo drenados ou aterrados para dar espaço a novas estruturas que atendam a lógica da urbanização e metropolização (PARAGUASSÚ et al. 2010).

Essas intervenções geram impactos negativos ao meio, modificando os fluxos de matéria e energia que atuam para o funcionamento dos sistemas ambientais. O estado de constante ameaça e degradação em que as nascentes se encontram traz à tona o debate sobre a necessidade de sua proteção e conservação (OLIVEIRA et al. 2013).

As nascentes são de grande importância para o equilíbrio hidrológico, já que são esses afloramentos de águas subsuperficiais que compõem a formação da rede de drenagem dentro de uma bacia hidrográfica. Além disso, são componentes fundamentais do sistema fluvial, possuindo uma fragilidade considerável em relação a intervenções antrópicas, que podem acarretar mudanças em seus fluxos e comprometer significativamente seu funcionamento e sua qualidade ambiental. (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012; OLIVEIRA et al. 2013).

Além de sua importância para a formação e renovação dos cursos d'água e para a dinâmica natural das bacias hidrográficas, as nascentes são utilizadas como fonte para abastecimento humano e animal, além da possível utilização para a irrigação de cultivos. Portanto, em muitos casos as nascentes são as principais fontes de disponibilidade de água para consumo e produção (HAAS; VERDUM, 2009).

Diante desse contexto, as nascentes são protegidas por lei, sendo consideradas áreas de preservação permanente (APP) pelo novo código florestal (2012). Segundo a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, se entende por área de preservação permanente (APP): área protegida, coberta 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).

Ainda segundo essa lei, no Art. 1º, inciso XVII, a definição de nascente consiste em um “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água”, considerando, no Art. 4º, inciso IV, como área de preservação permanente (APP) “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros” (BRASIL, 2012).

Observam-se algumas lacunas nessa diretriz supramencionada, já que o texto introduz a expressão “perenes” e não faz menção à delimitação de áreas de preservação permanente (APPs) para nascentes intermitentes, associadas principalmente aos períodos de cheias hidrológicas e em regiões com menor disponibilidade de água, não sendo contempladas com a proteção necessária.

Ainda nessa mesma lei, no Art. 3º, inciso XVIII, a definição dada para olhos d’água consiste em “afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente”, deixando ainda mais evidente que nem todos os hidrossistemas se encontram protegidos.

A Lei Federal nº 12.651, em seu Art. 7º, § 1º, dispõe que:

Quando ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei”.

Em seu Art. 8º, § 1º, indica que “a supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública”.

No Art. 61-A, § 5º, é apresentado que:

“nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d’água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 (quinze) metros”.

No entanto, o que se observa em meio urbano é a aplicação da legislação ambiental de forma inexpressiva, sendo constantes ocupações urbanas e impactos

antrópicos nesses ambientes e em seus arredores, como a supressão de vegetação nativa, cultivos agrícolas e implantação de vias urbanas, gerando conflitos de ocupação que podem comprometer a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. (PARAGUASSÚ et al. 2010; GOMES et al. 2018).

A crescente urbanização e o aumento da densidade demográfica tendem a ampliar a demanda por recursos hídricos e comprometer sua qualidade. Além disso, as construções e impermeabilizações do solo tendem a modificar os sistemas de drenagem, alterando a dinâmica hidrológica local. (HALL, 1984, apud. FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2012).

Além disso, a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas de pastagens e a pecuária intensiva também são fatores que acarretam diversos impactos ambientais para os ecossistemas. O uso de máquinas e tratores para implementação de loteamentos ou para desenvolvimento de atividades agrossilvopastoris, modificam a topografia e a cobertura do solo, contribuindo para a degradação ambiental (GOMES et al. 2018).

Impactos como a retirada de cobertura vegetal, impermeabilização do solo, construções, retirada de água subterrânea e canalizações de rios resultam em consequências para o sistema hídrico, como a redução da recarga de aquíferos, intensificação de processos erosivos, poluição das águas subterrâneas, diminuição da retenção de água, alteração na velocidade e energia dos fluxos e rebaixamento do nível freático. Tais consequências podem resultar na redução da vazão ou no desaparecimento das nascentes (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2012).

Diante das constantes alterações em condições ambientais dos elementos do meio físico, surge a necessidade de se identificar os problemas e conservar e/ou restaurar as nascentes do meio urbano, através da recuperação dos processos naturais intrínsecos a esses ambientes (GARCIA et al. 2018).

Todavia, não se pode pensar apenas na proteção pontual de nascentes, já que sua formação e dinâmica envolve fluxos hidrológicos superficiais e subsuperficiais, envolvidos em sua recarga e sua descarga. Alterações nos processos de infiltração da água e em seu escoamento subsuperficial em áreas de contribuição à montante podem

impactar na exfiltração e na qualidade ambiental das nascentes (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

Portanto, deve-se pensar a proteção desses sistemas através de uma gestão urbana e ambiental voltada às bacias hidrográficas como unidade de gestão e proteção, encontrando o equilíbrio entre as formas de ocupação dos centros urbanos e a manutenção de áreas que devem ser protegidas, garantindo a conservação dos recursos hídricos para uso de toda a sociedade (PARAGUASSÚ et al. 2010; FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

### 3. ÁREAS ÚMIDAS E SUA PROTEÇÃO

As áreas úmidas são um dos ecossistemas mais ameaçados e afetados pelas atividades antrópicas ao redor do mundo. No Brasil, estima-se que elas ocupam cerca de 20% do território nacional (JUNK et al. 2014).

Entre suas múltiplas funcionalidades e serviços proporcionados, estão a estocagem periódica de água, a recarga dos aquíferos e lençol freático, retenção de sedimentos, purificação da água e fornecimento de água limpa, irrigação da lavoura e habitat para animais silvestres e domésticos (JUNK et al. 2014).

No entanto, ambientes de áreas úmidas sempre foram vistos como improdutivos economicamente, sendo comum serem alvo de drenagem ou aterramento, resultando na perda de mais da metade das áreas úmidas mundiais (BURGUER, 2000, apud. XAVIER et al. 2019).

Diante desse contexto, em 1971 foi realizada a Convenção de Ramsar, que teve participação de vários países e objetivo inicial proteger as áreas úmidas de importância internacional. O Brasil assinou a Convenção de Ramsar em 1993, se responsabilizando por fazer levantamentos, estudos e classificações para estabelecer uma política nacional para o manejo, gestão e proteção das áreas úmidas e sua biodiversidade (PIEIDADE et al. 2012; JUNK et al. 2014).

Nesta convenção, as áreas úmidas foram definidas como pântanos, charcos, turfas e corpos de água, naturais ou artificiais, permanentes ou temporários, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo estuários, planícies costeiras inundáveis, ilhas e áreas marinhas costeiras, entre outros. Além disso, são definidos como limites das áreas úmidas as linhas máximas de enchentes (PIEIDADE et al. 2012).

Destarte, observou-se a falta de interesse político sobre esta temática na elaboração do novo Código Florestal Brasileiro (lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012), já que os serviços ambientais e a importância ecológica e socioeconômica das áreas úmidas não foram reconhecidos como deveriam. Tal fato evidencia o grande risco de perda das múltiplas funcionalidades e benefícios sociais e ecológicos trazidos pelas

áreas úmidas devido à falta de uma legislação pertinente e adequada (JUNK et al. 2014).

Pela primeira vez o termo áreas úmidas foi utilizado em uma lei federal no país (lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), o que pode ser um ponto positivo para a proteção desses ambientes (BOZELLI et al. 2018). Contudo, tal definição é generalista e tenta abarcar e representar todas as áreas úmidas presentes em território nacional. Além disso, a única menção acerca de sua proteção ocorre no Art. 6º, onde:

“consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: [...] proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional” (BRASIL, 2012).

Portanto, as pequenas áreas úmidas, características da região de Mares de Morros, apresentam-se mais expostas e desprotegidas.

O ponto de polêmica e muita discussão acerca da elaboração do novo código florestal brasileiro (2012) e às áreas úmidas brasileiras foi a definição como nível do rio para efeitos de criação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) o nível intermediário (“calha regular”) da enchente. Houve claramente um retrocesso se comparado ao código florestal de 1965, que considerava como de preservação permanente “as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas: a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto” (PIEIDADE et al. 2012).

A aplicação do novo código florestal, portanto, não funciona ou é omissa para grande parte das áreas úmidas brasileiras, desde aquelas de grande extensão na Amazônia e no Pantanal, que são ecossistemas de pulsos de inundação e expansão lateral das áreas úmidas, onde as diferenças entre os níveis altos e baixos de inundação podem atingir cerca de 10 metros, como áreas úmidas nos interflúvios, áreas úmidas costeiras e principalmente as áreas úmidas de pequena extensão (PIEIDADE et al. 2012; JUNK et al. 2014).

A proteção de uma pequena faixa ao longo dos cursos d’água, independentemente de sua largura, protegerá apenas uma pequena porção das áreas úmidas nacionais, sendo, portanto, ameaçadas seus serviços ecossistêmicos, suas

diversas funcionalidades socioeconômicas e ecológicas e seu uso pela população (PIEIDADE et al. 2012).

Considerando que os rios em nosso território apresentam alterações significativas durante as épocas de cheias, a redução da área de proteção e dos valores de vegetação ciliar a serem preservados podem afetar a conservação dos recursos hídricos em toda bacia hidrográfica (GOMES et al. 2018).

Segundo Junk e Piedade (2015), a extensão de uma área úmida deveria ser estabelecida pelo limite da inundação rasa ou encharcamento periódico, e no caso de áreas alagáveis, pelo limite da influência das inundações médias máximas, incluindo-se áreas permanentemente secas em seu interior, caso existentes. Tais limites externos seriam indicados pela presença de solo hidromórfico e/ou de vegetação hidrófita adaptada aos solos encharcados.

Portanto, o atual estado da legislação ambiental brasileira reduziu a proteção das áreas úmidas ao longo das margens dos rios, facilitando a destruição da vegetação natural ripária, deixando-as completamente vulneráveis. Além disso, deixou desprotegidas as áreas úmidas presentes em encostas de morros e vertentes, associadas às cabeceiras de drenagem e às porções deprimidas, cujo desenvolvimento está associado também à exfiltração do nível freático (PIEIDADE et al. 2012; GOMES, 2017).

A proteção das áreas úmidas envolve diferentes interesses e agentes, que têm visões distintas sobre seu uso, controle e proteção, sendo seu gerenciamento uma articulação entre tais visões, de acordo com a política estabelecida para tal. Contudo, em diversos casos, as políticas e práticas de gerenciamento não abordam as inter-relações entre água e ecossistema como um todo. Sendo assim, deve-se reconhecer a importância das áreas úmidas e integrá-las às tomadas de decisão envolvendo os recursos hídricos, para assim atender as necessidades sociais, econômicas e ambientais (XAVIER et al. 2019).

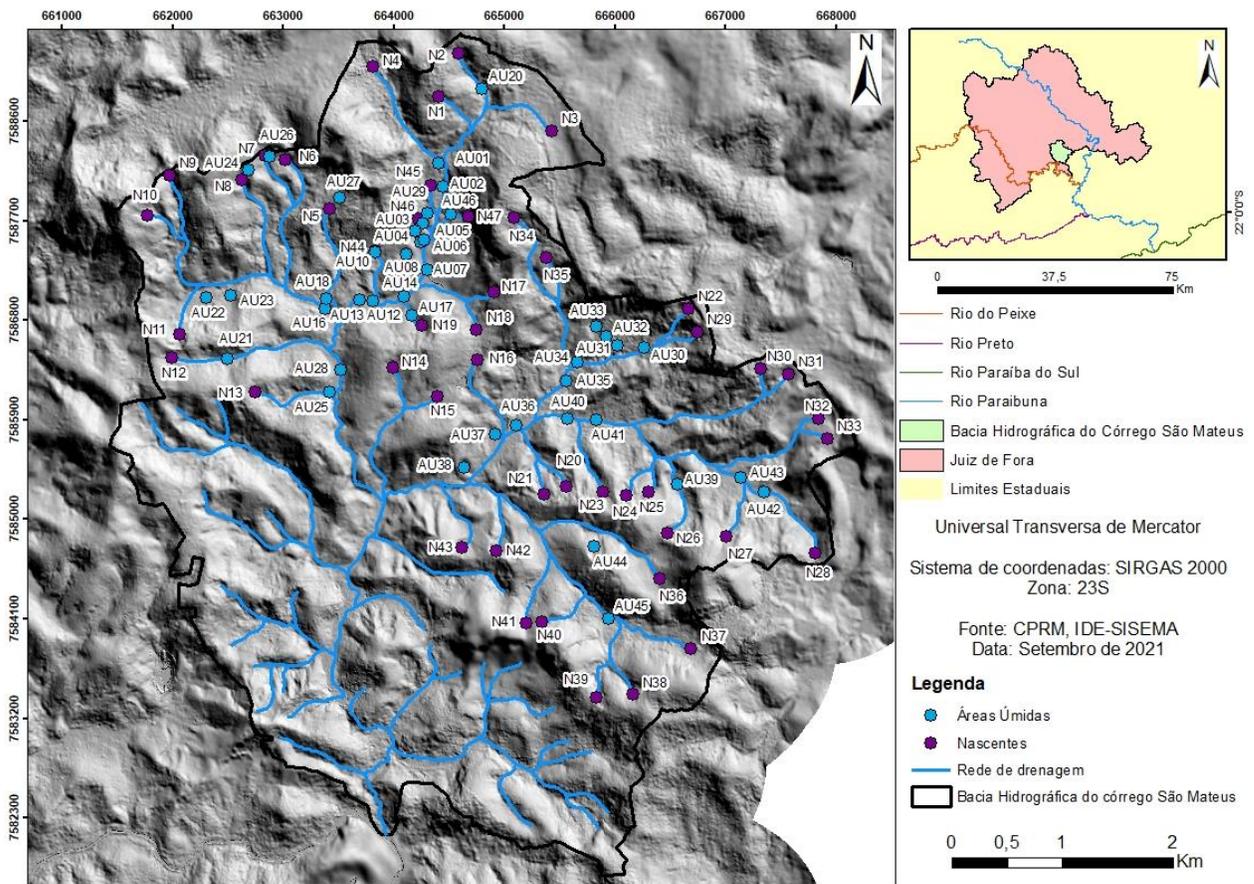
#### 4. ÁREA DE ESTUDO

As bacias hidrográficas estão relacionadas à estruturação de um sistema integrado, consistindo em áreas da superfície terrestre que apresentam nascentes, divisores de águas e cursos d'água, abrigando uma rede de drenagem, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída em um leito único em local de menor altitude em seu exutório (PIRES; VILLAÇA, 2011; GIAROLA, 2018; GOMES et al. 2018).

As alterações naturais e antrópicas que venham a interferir na bacia, afetam todo o seu sistema. Por isso, elas representam as principais unidades geográficas e referências espaciais utilizadas para o gerenciamento dos recursos hídricos ou em estudos físicos-territoriais referentes ao manejo e conservação dos recursos naturais, auxiliando na compreensão do relevo, da hidrografia e do modelo terrestre (PIRES; VILLAÇA, 2011; ROCHA e AZEVEDO, 2015; GIAROLA, 2018; GOMES et al. 2018).

Inserido dentro da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul e da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, está o município de Juiz de Fora, localizado na mesorregião da Zona da Mata, ocupando uma área de 1.436 km<sup>2</sup> no sudeste do estado. Segundo o IBGE (2014), em 2010, sua população era de 516.247 habitantes, sendo 1,14% desse contingente responsável por habitar a zona rural. Em 2014, estimou-se que a população passou a ser de 550.710 habitantes (ROCHA e AZEVEDO, 2015).

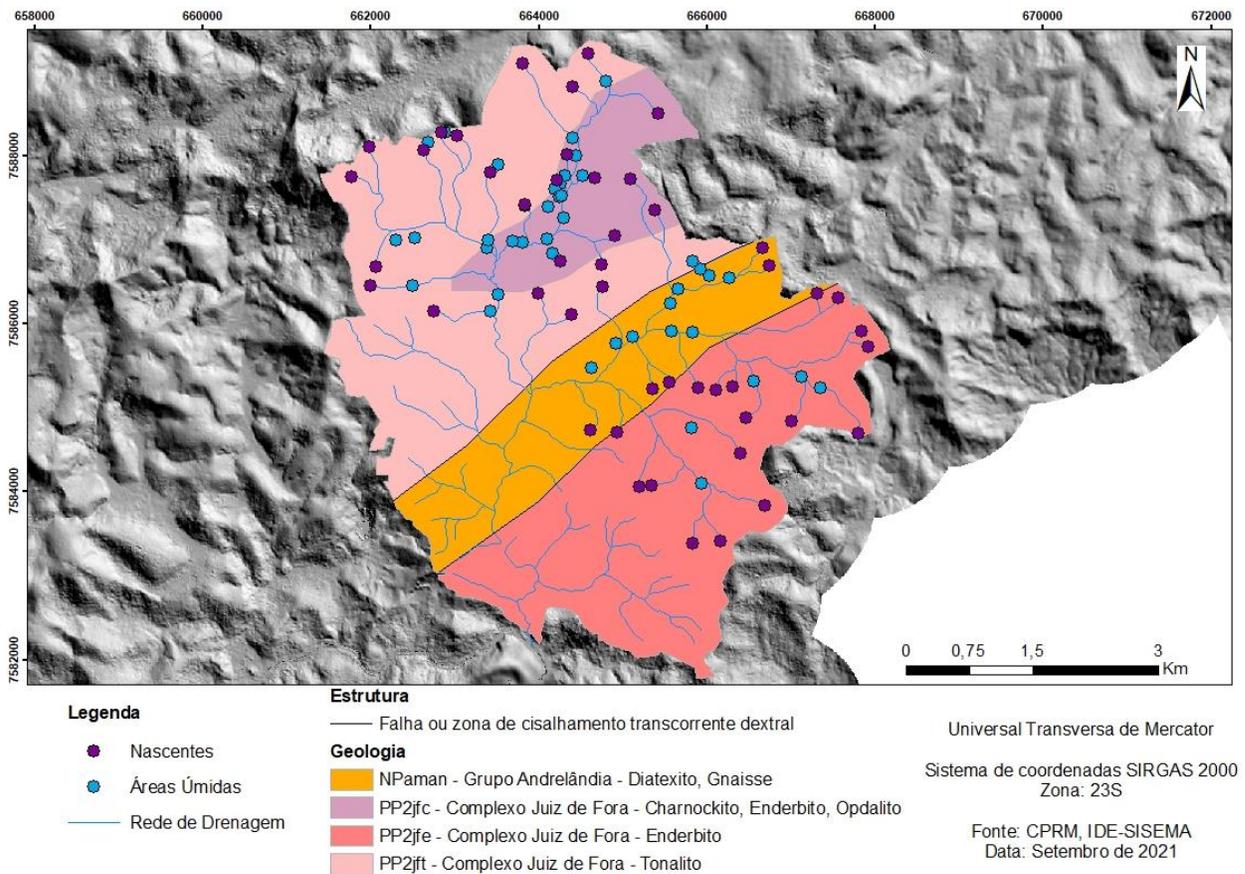
Dentro do município, se encontra a bacia hidrográfica do córrego São Mateus (Figura 1), compreendida entre a montante de seu curso d'água, no bairro Nova Califórnia, até a sua foz, que deságua no Rio do Peixe, abrangendo assim uma área de aproximadamente 30 km<sup>2</sup>. O Rio do Peixe, assim como todos os corpos d'água da bacia, estão enquadrados na classe 1 de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 16 de 25/09/96, portanto podem ser utilizados para abastecimento, consumo, irrigação e recreação (MINAS GERAIS, 1996; PIRES; VILLAÇA, 2011; ROCHA; AZEVEDO, 2015).



**FIGURA 1:** Bacia hidrográfica do Córrego São Mateus.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A região está inserida no domínio morfoclimático de Mares de Morros florestados, apresentando relevo mamelonar, com grandes variações de altitudes e vertentes extensas e declivosas (AB'SABER, 2003). O clima regional é predominantemente tropical úmido de altitude, consistindo como Cwa na classificação de Köppen, apresentando regimes pluviométricos marcados por uma dupla estacionalidade climática: quente e chuvosa nos meses de verão, onde os rios apresentam maiores médias mensais de cota, e outra mais fria e seca nos meses de inverno, onde os acumulados de precipitação são menores (SOUZA; NASCIMENTO; OTENIO, 2015; ÁVILA; ALMEIDA NETO; FELIPPE, 2017).

A bacia do São Mateus é embasada por rochas do Complexo Juiz de Fora, presentes na porção norte e sul da bacia, e do Grupo Andrelândia, presente na faixa central, sendo circundada por zonas de falha de cisalhamento transcorrente dextral (Figura 2). Os solos predominantes são do tipo latossolo vermelho-amarelo (CPRM, 2014).



**FIGURA 2:** Unidades geológicas da área de estudo.  
Fonte: Elaborado pelo autor com dados geológicos de CPRM (2021).

Para a área de estudo, foi escolhido o alto curso do córrego São Mateus, o córrego Salvaterra e seus afluentes, e o córrego Bocaina e seus afluentes. O córrego Salvaterra tem sua origem entre os Aterros Controlado/Sanitário Salvaterra e o Centro Empresarial Park Sul, enquanto o córrego Bocaina tem sua gênese nas proximidades da Pedreira Pedra Sul, no Centro Empresarial Park Sul (PIRES; VILLAÇA, 2011; ROCHA; AZEVEDO, 2015).

Existem muitos canais de primeira ordem (STRAHLER, 1952) de pequena extensão na área de estudo, constituídos por fontes e nascentes, que em períodos de chuvas prolongadas aumentam o escoamento superficial consideravelmente, acelerando os processos erosivos e aumentando o risco de ocorrência de movimentos de massa nas encostas locais (PIRES; VILLAÇA, 2011).

Através da aplicação do índice Relação Declividade x Extensão (RDE) na bacia do Rio do Peixe e de suas principais sub-bacias, Giarola (2018) identificou anomalias

de 1ª e 2ª ordem no córrego São Mateus. Esse índice é uma proposta estabelecida por Etchebehere (2000), tendo como objetivo identificar anomalias na rede de drenagem.

As anomalias de 1ª ordem seriam referentes às diferenças na resistência litológica, controle estrutural, e possível atividade tectônica, estando associadas às linhas de falhas ou zonas de cisalhamento transcorrente dextral presentes na área. Já as anomalias de 2ª ordem estão associadas às mudanças litológicas, lineamentos de relevo e confluências de rios, ocorrendo na mudança do Complexo Juiz de Fora Unidade Charnockítica para Unidade Tonalítica (ETCHEBEHERE, 2000; FUJITA et al. 2011; apud. GIAROLA, 2018).

A porção NW da bacia apresenta um relevo mais íngreme, com predominância de serras, morros altos e vertentes recobertas por depósitos coluviais e tálus de blocos, onde se encontram um dos principais adensamentos urbanos da área de estudo e uma aglomeração considerável de áreas úmidas. Já a porção oeste da bacia apresenta uma morfologia mais suavizada, com morros altos, morros baixos e também de planícies e terraços fluviais, sendo as áreas úmidas associadas às margens de inundação dos cursos fluviais.

A apropriação da natureza pela sociedade por meio da tecnificação do ambiente tem causado significativas mudanças nas paisagens, com as atividades e interações humanas acarretando mudanças na estrutura e funcionamento dos sistemas naturais, impondo novos ritmos, perturbações e dimensões espaciais a uma paisagem onde fatores naturais e antropogênicos se entrecruzam cada vez mais ao longo do processo de desenvolvimento da sociedade (SOUZA; NASCIMENTO; OTENIO, 2015).

A área que compreende a bacia do Córrego São Mateus é uma área relativamente afastada do centro da cidade, porém possui consideráveis concentrações urbanas, abrigando loteamentos como sítios, fazendas, condomínios e chácaras, aumentando assim o contingente populacional na área. Essas intervenções antrópicas, assim como a agricultura e atividades da mineração, resultaram na retirada de cobertura vegetal presente previamente na região, tornando-a uma paisagem antropizada (ROCHA; AZEVEDO, 2015).

Debates e discussões acerca de impactos ambientais na área foram constantes ao longo dos últimos anos, motivadas principalmente devido à implementação de um

aterro sanitário no local, que passou a funcionar em 2005, sendo desativado posteriormente, em 2010. No entanto, mesmo antes desse empreendimento, a área do Salvaterra já era utilizada para disposição final de resíduos gerados no município.

Posteriormente, a comunidade acadêmica e a administração municipal reconheceram que o descarte de resíduos nessa região foi feita de forma irregular e também em uma área imprópria para este fim, sendo tais descartes realizados tanto em áreas de APPs, áreas próximas à afloramentos do lençol freático e também próximos à núcleos habitacionais. A disposição de resíduos sólidos e químicos no local resultou em várias consequências, como: soterramento e contaminação de nascentes, contaminação do lençol freático, assoreamento do córrego Salvaterra, supressão da cobertura vegetal, intensificação de processos erosivos e riscos à saúde da população local. (PIRES; VILLAÇA, 2011).

Mesmo após a desativação do aterro sanitário, os impactos ambientais na área continuaram presentes, principalmente na qualidade das águas dos córregos locais, com odores fortes e colorações mais escuras, evidenciando falhas em todas as etapas do processo de instalação e posterior remoção do empreendimento (ROCHA; AZEVEDO, 2015).

Portanto, a área possui um histórico preocupante do ponto de vista ambiental. Os impactos causados se reverberam nos cursos d'água, nascentes e áreas úmidas, que podem ser utilizados para captação de água por parte de uma população que não possui atendimento de água e faz uso dos mesmos, e também por espécies da fauna e flora que tem sua vida dependente dos recursos hídricos da região. Portanto, é fundamental compreender a dinâmica desses hidrossistemas e o contexto socioambiental em que estão inseridos, para assim garantir sua qualidade ambiental e sua integridade.

## 5. METODOLOGIA

Através de revisão bibliográfica e resgate teórico conceitual, inicialmente tem se como intuito compreender o que são as nascentes e áreas úmidas, suas características e particularidades, assim como sua integração com a paisagem, sendo explicitado posteriormente o porquê de se proteger esses hidrossistemas.

Também foi realizado o resgate da legislação ambiental vigente responsável pela proteção desses hidrossistemas, tornando possível a discussão sobre o que têm sido feito e quais são as ferramentas de proteção utilizadas atualmente, para posteriormente analisar se estão sendo efetivas e cumprindo com o seu objetivo.

Posteriormente, por técnicas de fotointerpretação geográfica e sensoriamento remoto, através de imagens de satélite de alta resolução, foram identificadas em gabinete as nascentes e áreas úmidas presentes no alto curso da Bacia Hidrográfica do córrego São Mateus (BHCSM), envolvendo o alto curso do córrego homônimo e também os córregos Salvaterra e Bocaina.

As imagens aéreas utilizadas são provenientes do satélite Sentinel-2, com resolução espacial de 10 metros, referentes ao dia 26/08/2021, obtidas através do sistema GloVIS da USGS.

A escolha do recorte espacial envolvendo o alto curso da bacia e dos córregos supramencionados se deve a sua localização em uma área mais urbanizada se comparada ao restante da bacia, conseqüentemente resultando em cursos d'água, nascentes e áreas úmidas mais sujeitos à degradação ambiental. Além disso, também é uma área mais acessível para a realização de estudos de campo.

Para a identificação das nascentes presentes na área, foi utilizado um shapefile da Bacia Hidrográfica do Córrego São Mateus (BHCSM) e de sua drenagem, obtidas através do portal IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), que possui bacias hidrográficas e hidrografias otocodificadas, sendo posteriormente utilizada linguagem SQL no software ArcGIS 10.3.1 para filtrar apenas os dados referentes a área de estudo. Posteriormente, tais dados foram utilizados em conjunto com imagens aéreas de alta resolução advindas de

satélites, possibilitando a identificação das áreas de surgimento dos cursos d'água locais, e conseqüentemente, auxiliou na delimitação das nascentes.

As áreas úmidas foram identificadas através da detecção de elementos morfológicos relativos à drenagem e de padrões de *pixels* que indiquem a ocorrência de vegetação higrófila/hidrófita e/ou solos hidromórficos, geralmente associados à coloração cinza-esverdeada mais escura se comparada à vegetação padrão.

A ocorrência de pixels de coloração esverdeada escura pode ser um indicativo de saturação do solo pelo encharcamento proveniente da ascensão do nível freático ou por inundações resultantes de cheias de cursos d'água. Portanto, a identificação de uma tipologia de pixels de vegetação de caráter homogêneo sob tais características, em áreas de contextos morfológicos propícios para a acumulação de água ou próximos às áreas conectadas à drenagem local, podem sugerir a presença de áreas úmidas ou nascentes (PANIZZA; FONSECA, 2011).

Após a identificação das áreas úmidas, foi utilizada a classificação hidrogeomorfológica de Brinson (1993), com o objetivo de auxiliar na compreensão de suas características estruturais e funcionais, o contexto de paisagem e relevo em que se inserem e sua conectividade com os cursos d'água, águas pluviais e águas subsuperficiais.

Com a utilização de fotografias aéreas de alta resolução e com a obtenção de bases cartográficas, foram elaborados os seguintes produtos cartográficos através do software ArcGIS 10.3.1:

- um mapa de localização da BHCSM;
- um mapa de localização das nascentes e áreas úmidas;
- um mapeamento hidrogeomorfológico;
- um mapeamento de curvatura das vertentes;
- um mapeamento de APPs;
- um mapa de geologia e estrutura;
- um mapa de uso e “cobertura” da terra.
- um mapeamento de conformação de APPs com o uso e cobertura da terra;

Para o mapa de uso e cobertura da terra, utilizou-se a técnica de classificação de probabilidade máxima nas imagens de satélite supramencionadas, através do software ArcGIS 10.3.1, para se obter um panorama geral da distribuição de classes de uso e “cobertura” da terra. Para a obtenção de um resultado mais preciso, foram delimitadas manualmente cinco classes referentes às formas de uso e “cobertura” através da análise das imagens de satélite e dos resultados da utilização da técnica de classificação de probabilidade máxima. As classes de uso e “cobertura” utilizadas foram: lagos, vegetação florestada, pastagem, área antropizada e solo exposto. Feito isso, foi possível identificar a área (km<sup>2</sup>) que cada classe ocupa na bacia hidrográfica do córrego São Mateus.

Com posse dessas informações, foi possível classificar as APPs de acordo com seu grau de proteção através do uso e “cobertura” da terra. Para isso, foram utilizadas três classes: preservadas, perturbadas e degradadas. As nascentes que apresentam seus arredores completamente compostos por vegetação florestada foram classificadas como protegidas. Nascentes que possuem “cobertura” mista entre vegetação florestada e pastagem/área antropizada/solo exposto foram classificadas como perturbadas. Já aquelas que apresentam total ausência de vegetação florestada foram classificadas como degradadas.

Essas classificações tiveram como referência a vegetação presente, buscando fazer um paralelo com as classificações de unidades ecodinâmicas vistas em Tricart (1977), mas sem a intenção de reproduzi-la. Portanto, ao fazer menção sobre “áreas degradadas”, não teve-se a intenção de discutir sobre a superação de potenciais eco/biogeográficos e resiliência de sistemas.

A finalidade de tais produtos é auxiliar nas análises e interpretações das influências antrópicas, litológicas e estruturais na conformação e distribuição espacial das nascentes e áreas úmidas, assim como compreender a dinâmica de processos hidrogeomorfológicos que atuam na paisagem. Além disso, tornou possível obter informações sobre as conformidades das APPs com o atual estado de uso e cobertura da terra nos arredores dos hidrossistemas e sua associação com atividades antrópicas, evidenciando assim se a proteção desses hidrossistemas está sendo assegurada à luz dos parâmetros previstos na legislação vigente.

Desta forma, foi possível identificar os hidrossistemas presentes na área de estudo por via remota, e entender algumas de suas características, parâmetros fisiográficos e contextos ambientais em que estão inseridos, como a unidade geológica, tipos de uso e cobertura da terra, geomorfologia, e possível influência de controle estrutural.

Com posse dessas informações, as interpretações hidrogeomorfológicas foram realizadas com maior embasamento, possibilitando a compreensão das características das nascentes e áreas úmidas encontradas e sua distribuição espacial. Desta forma, torna-se possível discutir acerca das dificuldades de se mapear e delimitar APPs para a proteção de nascentes e áreas úmidas, já que suas características únicas e conectividade com toda a paisagem e a rede de drenagem local representam desafios para a elaboração de medidas totalmente efetivas para a proteção desses hidrossistemas.

Após a etapa de gabinete e identificação remota de nascentes e áreas úmidas presentes na área, a interpretação da paisagem também foi feita *in loco*, com visitas de campo visando o reconhecimento de alguns hidrossistemas, sendo escolhidos aqueles que se apresentarem em localidades mais acessíveis. Desta forma, buscou-se identificar o contexto ambiental em que os hidrossistemas estão inseridos e também algumas de suas características, possibilitando a compreensão da dinâmica de formação e distribuição das nascentes e áreas úmidas do local escolhido.

As visitas de campo também permitiram obter maior clareza entre as interseções entre área úmida ou nascente em algumas áreas, já que esta é uma tarefa em que as técnicas via gabinete não permitem a aquisição de resultados precisos.

Através da interpretação dos resultados e informações obtidas, foi possível discutir os diversos contextos de formação em que os hidrossistemas estão inseridos, que aliadas à visita de campo e ao conhecimento da literatura acerca dos processos atuantes no contexto das nascentes e áreas úmidas locais, permitiu compreender de forma integrada a dinâmica da paisagem e as relações que os hidrossistemas estabelecem com ela.

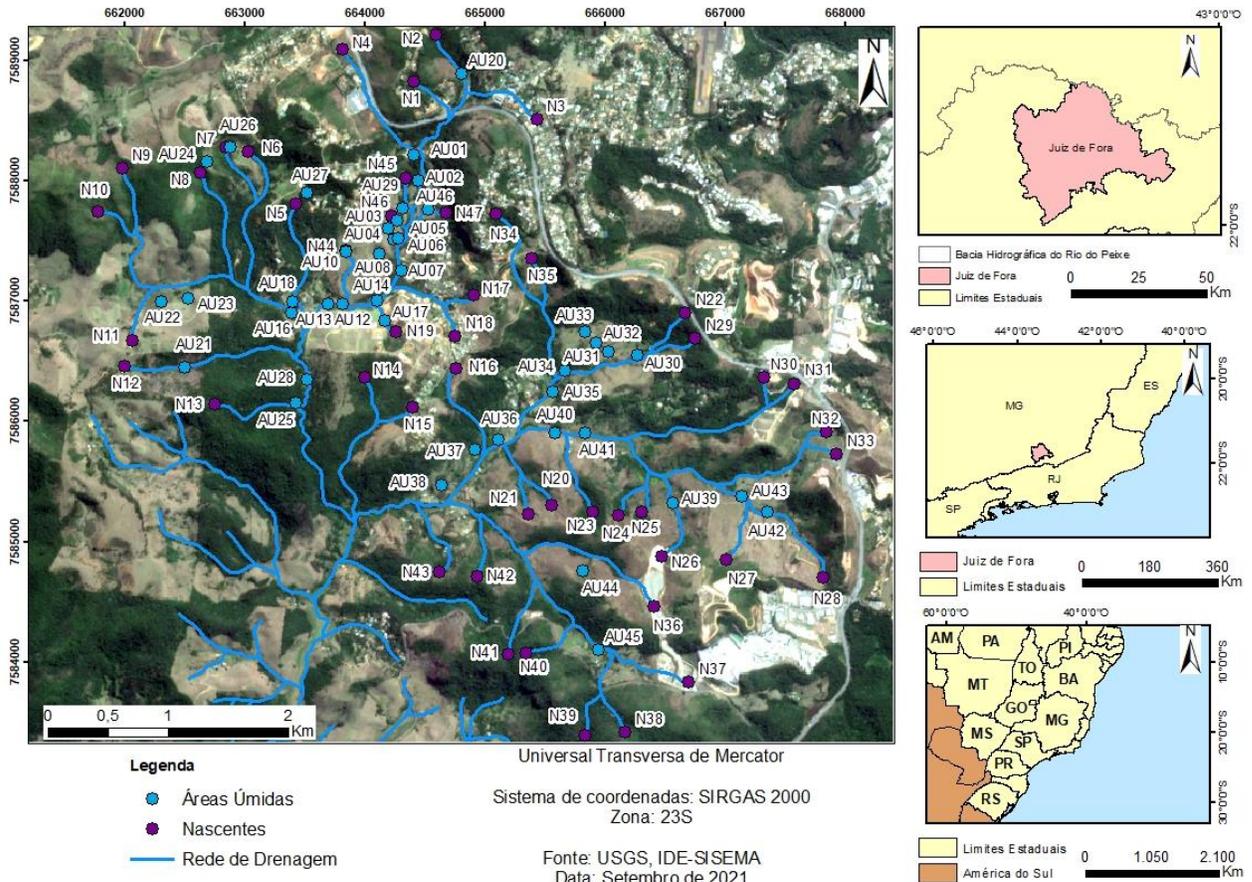
Com isso, a síntese dos resultados mostrou a distribuição espacial das nascentes e áreas úmidas encontradas e as formas de uso e “cobertura” da terra em

que estão inseridas. Nesse contexto, permitiu-se discorrer sobre as formas com o qual os hidrossistemas dessa área se enquadram nas medidas de proteção atualmente vigentes e se estão efetivamente tendo sua proteção assegurada.

Por fim, foi explicitado o porquê de algumas nascentes e áreas úmidas encontradas não se apresentaram contempladas pelas diretrizes de proteção estabelecidas pela legislação vigente, para em seguida tentar apresentar diferentes cenários para a situação, visando garantir uma maior proteção às nascentes e áreas úmidas.

## 6. ASPECTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS DE NASCENTES E ÁREAS ÚMIDAS

Foram encontradas 47 nascentes, 42 áreas úmidas e três lagos no alto curso do Córrego São Mateus, no Córrego Salvaterra e no Córrego Bocaina, identificadas através de gabinete, com utilização de imagens de satélite de alta resolução.



**FIGURA 3:** Localização dos hidrossistemas.

Fonte: Elaborado pelo autor. Imagem de 26/08/2021.

Através de dados obtidos no site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2021), foi possível elaborar um mapeamento hidrogeomorfológico que mostra a rede de drenagem e os hidrossistemas encontrados junto a seus contextos geomorfológicos e formas de relevo associadas (Figura 4).

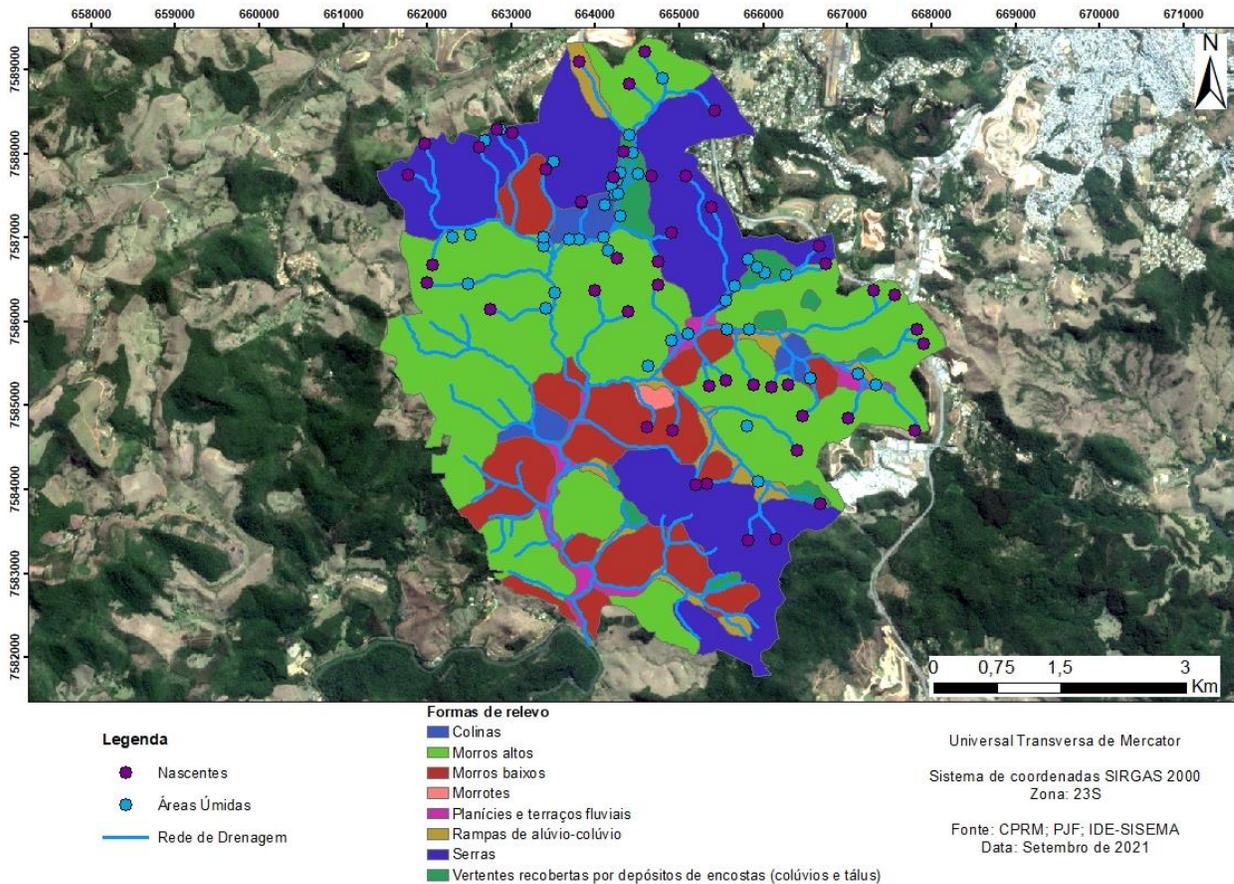
As nascentes foram encontradas majoritariamente em:

- serras, de amplitude maior que 300 metros e declividade maior que 30%;

- morros altos, de amplitude entre 120 e 250 metros e declividade entre 30% e 40%;
- morros baixos, de amplitude entre 70 e 120 metros e declividade entre 20% e 30%;

As áreas úmidas, por sua vez, associadas principalmente às planícies fluviais, cabeceiras de drenagem e morfologias côncavas, foram encontradas em:

- morros altos, de amplitude entre 120 e 250 metros e declividade entre 30% e 40%;
- morros baixos, de amplitude entre 70 e 120 metros e declividade entre 20% e 30%;
- rampas de alúvio-colúvio, de amplitude variável e declividade entre 8% e 20%;
- vertentes recobertas por depósitos de encostas (colúvios e tálus), de amplitude variável e declividade entre 20% e 40%;
- colinas, de amplitude entre 30 e 60 metros e declividade menor que 20%;
- planícies e terraços fluviais, de amplitude menor que 20 metros e declividade menor que 8%.

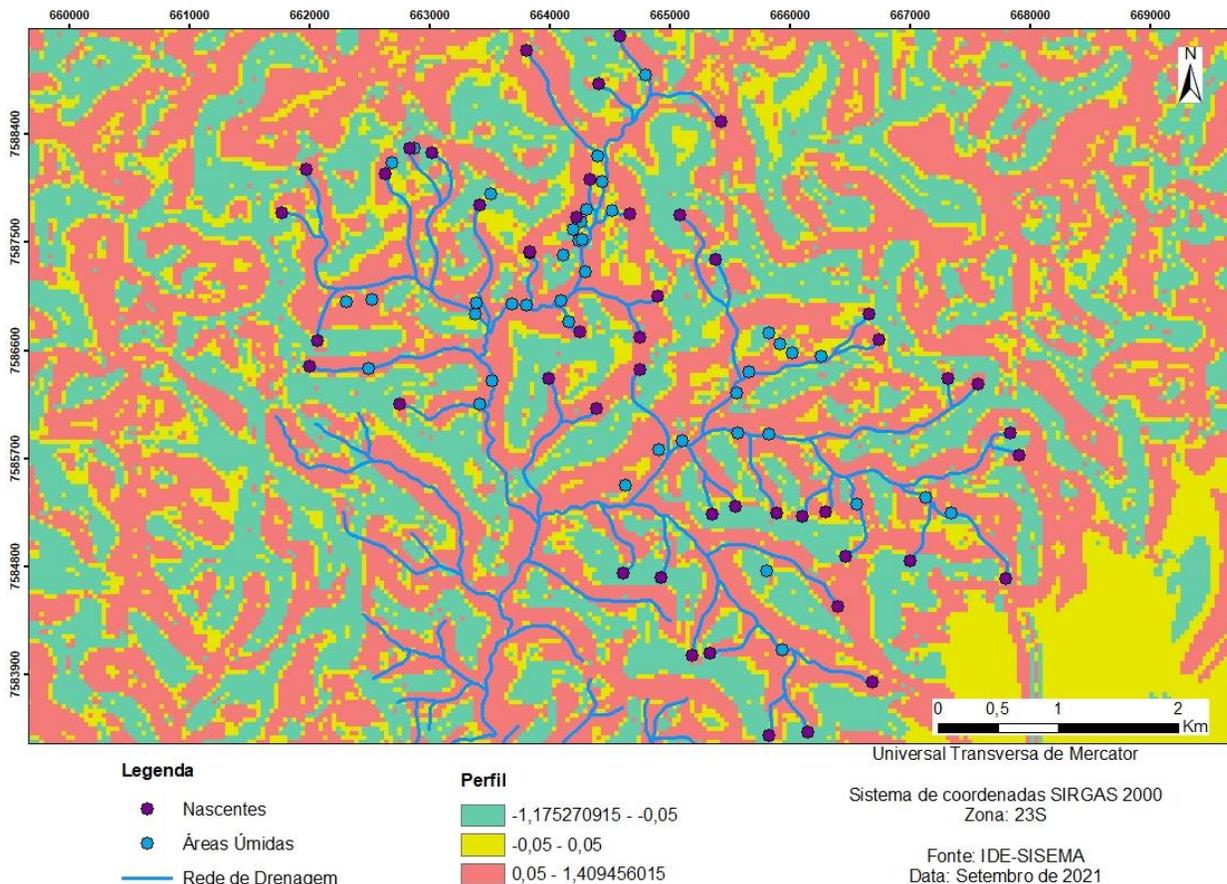


**FIGURA 4:** Mapeamento das formas de relevo da área de estudo.  
Fonte: Elaborado pelo autor com dados de CPRM. Imagem de 26/08/2021.

A ocorrência de vários canais de 1ª ordem de pequena extensão ao longo das numerosas vertentes que se apresentam nos morros e serras presentes no alto curso da bacia indicam a presença de diversas nascentes na área de estudo.

Nota-se que existe um número expressivo de áreas úmidas que se formam na transição entre unidades de relevo, mais notoriamente entre morros altos, colinas e vertentes recobertas por depósitos coluviais e tálus, na porção centro-norte da bacia, associadas à suavização do relevo e às feições côncavas das vertentes próximas ao curso d'água principal. Tal fator pode estar associado às mudanças de morfologia entre uma unidade e outra, fazendo com que os fluxos d'água percam energia na transição entre uma seção de relevo mais íngreme para uma mais suavizada, resultando na concentração de água em tais espaços. Além disso, tais áreas podem ser mais propícias para exfiltração de águas subsuperficiais.

Para identificar o perfil das vertentes presentes na bacia, foi utilizada a ferramenta *Curvature* no software ArcGIS 10.3.1, gerando como produto o perfil de curvatura, sendo responsável por fornecer índices que mostram se as vertentes são côncavas, planas ou convexas, possibilitando a compreensão de características referentes à concentração ou dispersão de fluxos d'água superficiais (Figura 5). Valores negativos indicam convexidade, enquanto valores positivos indicam formas côncavas. Valores próximos a 0 indicam que a superfície é plana. No entanto, a atribuição de parâmetros é realizada de forma subjetiva, dependendo das características da área, principalmente no que tange às formas planas, sendo recorrente na literatura acerca do tema diferentes valores acerca dos parâmetros utilizados (FURLAN; TRENTIN, 2019). Neste trabalho foi adotado os valores entre -0,05 e +0,05 para as superfícies planas.



**FIGURA 5:** Identificação da morfologia das vertentes.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível perceber que a área apresenta diversos locais propícios para o acúmulo de águas, tendo em vista a formação de diversas nascentes e áreas úmidas

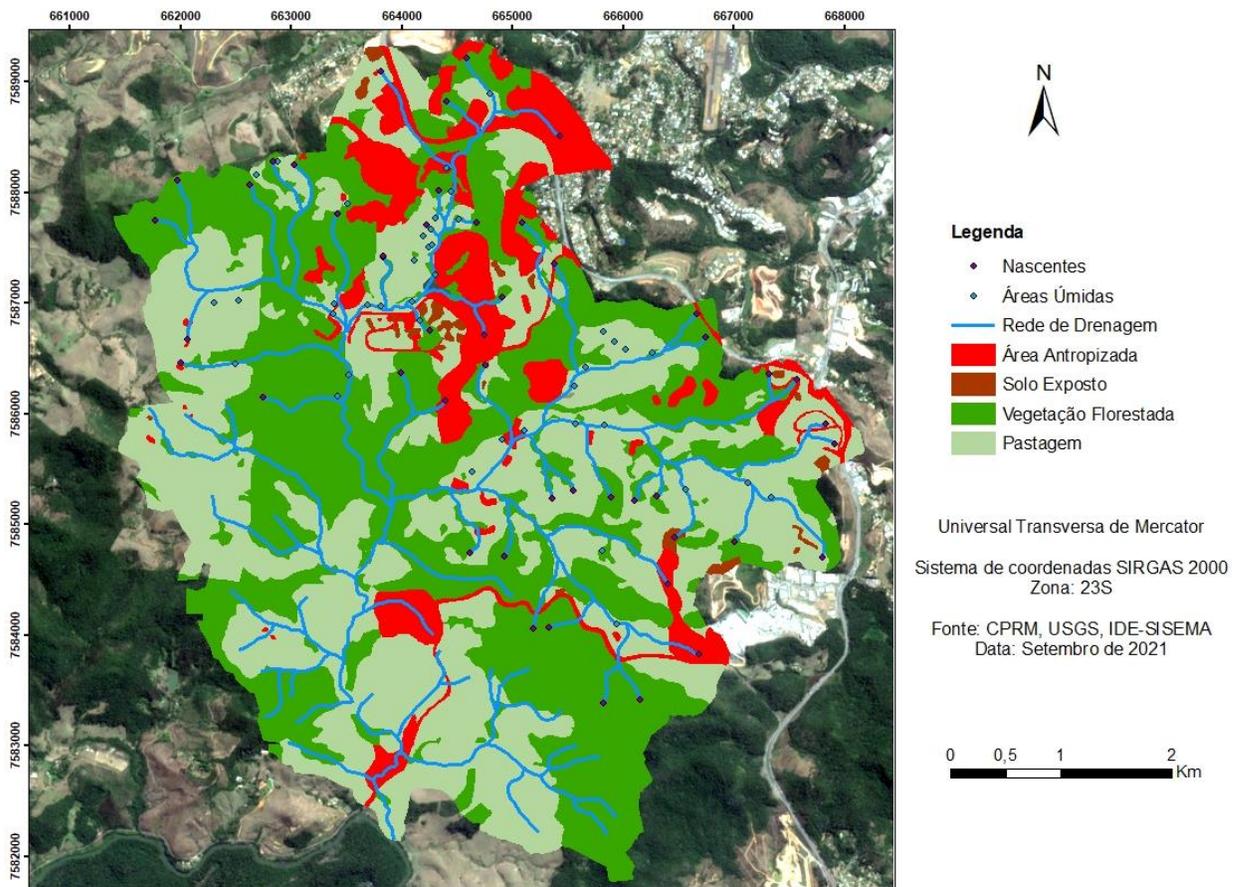
relacionadas às cabeceiras de drenagem e a outras morfologias côncavas, indicadas em vermelho no mapa. Em menor número, também se formam em áreas mais planas, indicadas em amarelo no mapa acima. Devido ao estabelecimento de critérios mais subjetivos, as áreas planas aparecem de forma esparsa no mapa, principalmente próximas às áreas côncavas, sendo também áreas propícias ao acúmulo de água.

Portanto, conclui-se que as formas de relevo presentes na área, com extensas e declivosas vertentes, apresentando morfologias côncavas em diversos trechos, são propícias para alguns processos hidrogeomorfológicos, como a exfiltração de águas subsuperficiais, o escoamento superficial e a acumulação de água em alguns trechos, resultando em um número expressivo de nascentes e áreas úmidas presentes no local.

A conformação de vários desses hidrossistemas nessas áreas côncavas indicam a importância das águas pluviais para sua dinâmica e formação, sendo responsáveis junto às águas subterrâneas pela alimentação e abastecimento das áreas úmidas e das nascentes, sendo fundamentais para sua dinâmica hidrológica.

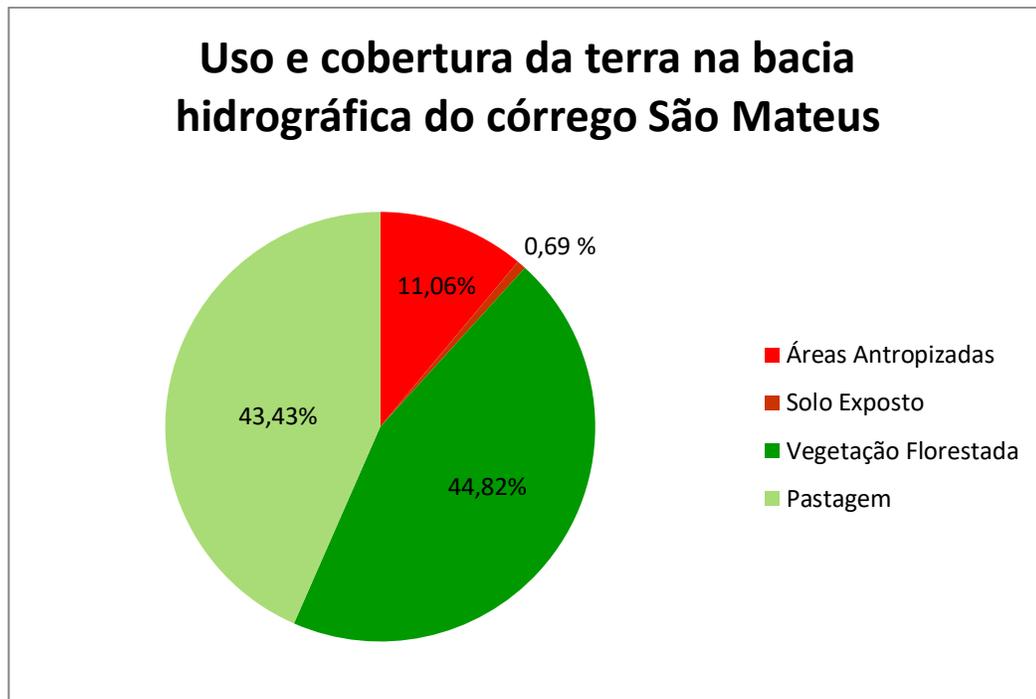
## 7. CONFORMIDADES E DESCONFORMIDADES DAS APPS

Para averiguar o contexto ambiental em que os hidrossistemas encontrados se inserem, foi elaborado um mapeamento de uso e cobertura da terra (Figura 6). As porções norte e leste da bacia são as áreas mais antropizadas, com alguns fragmentos urbanizados de forma esparsa por toda a bacia. Fragmentos de solo exposto aparecem ao longo da bacia, próximos às áreas urbanizadas e também de pastagem. A vegetação florestada se mantém intacta em algumas partes da bacia, mais notadamente na porção oeste e na porção sudeste.



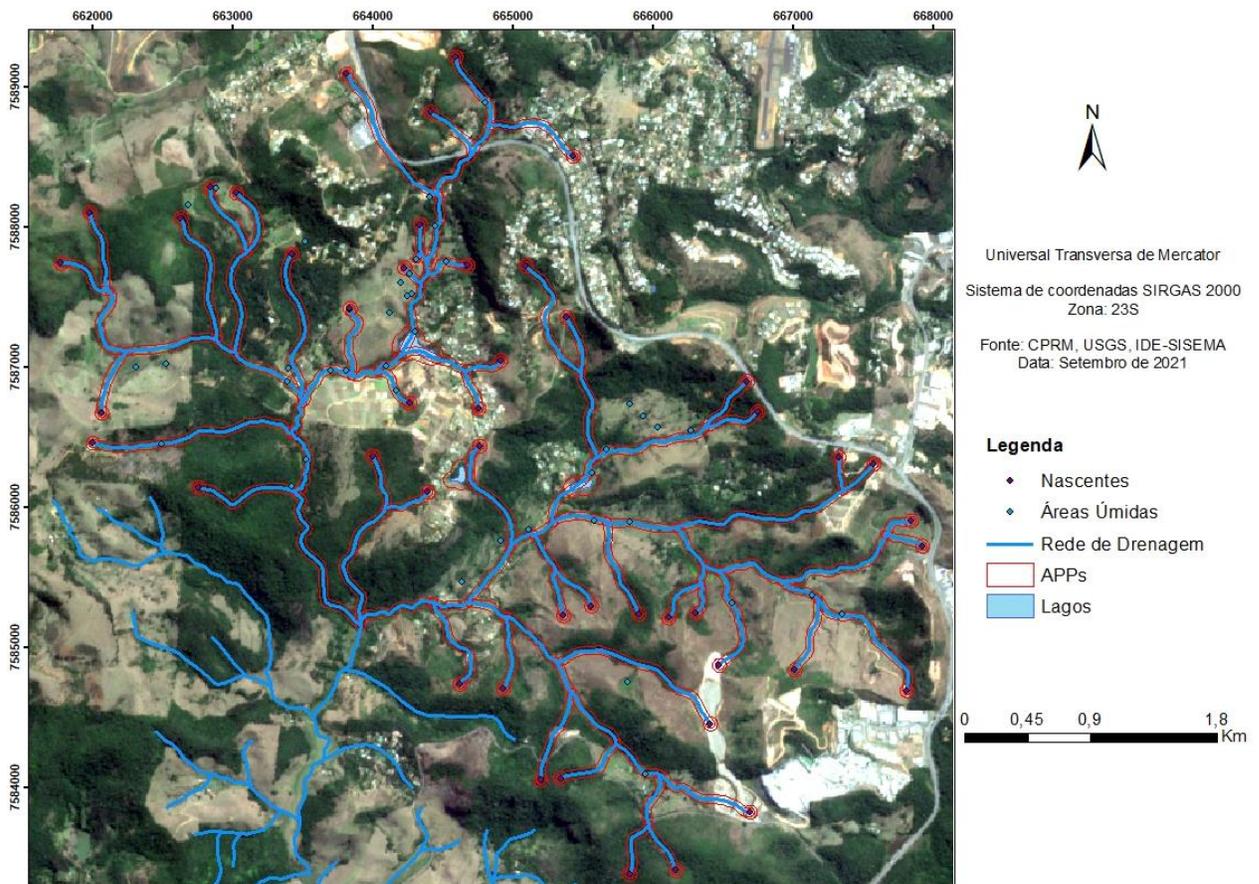
**FIGURA 6:** Uso e cobertura da terra na área de estudo.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro da área de estudo, cerca de 3,5 km<sup>2</sup> são compostos de áreas antropizadas, 0,2 km<sup>2</sup> são de solos expostos, 14 km<sup>2</sup> de vegetação florestada e 13,5 km<sup>2</sup> de pastagem (Gráfico 1).



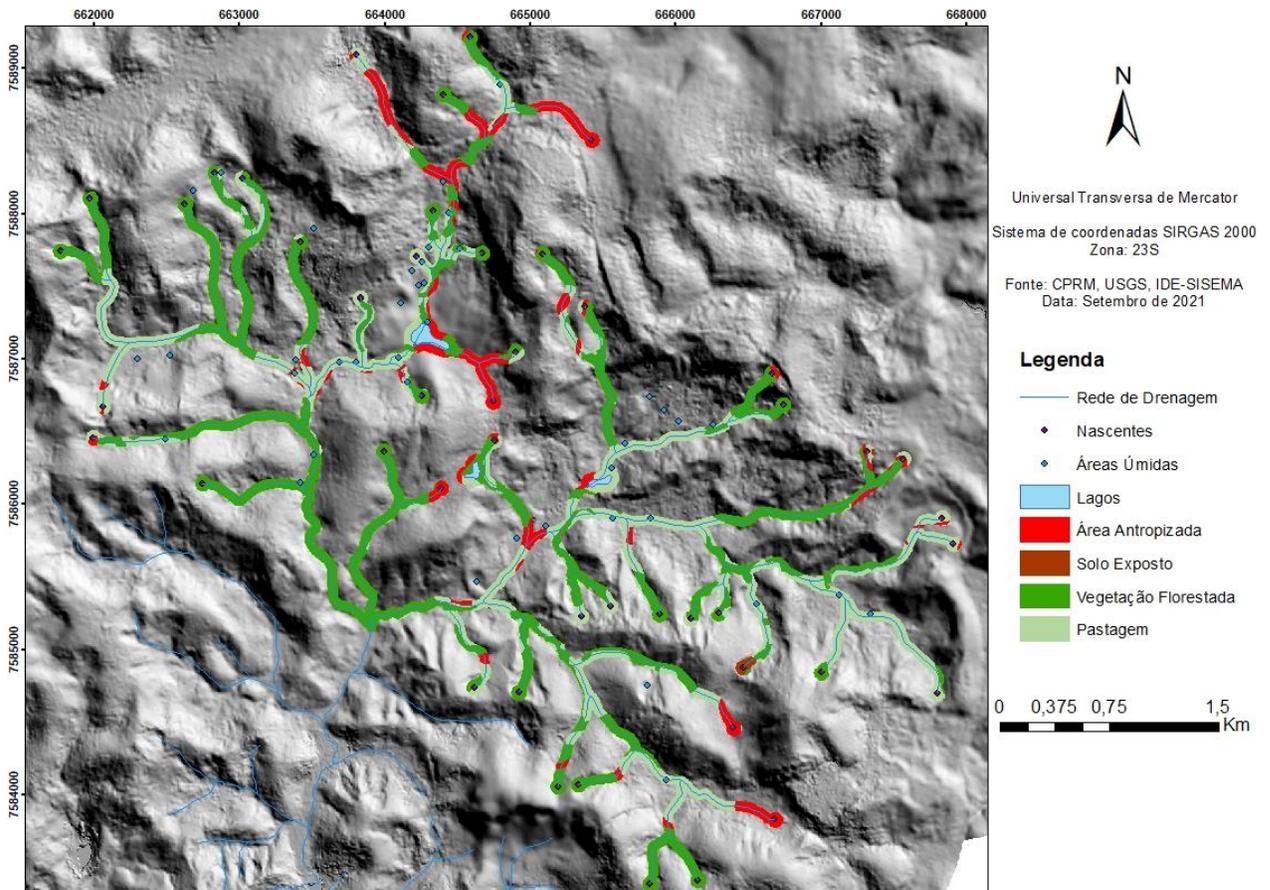
**GRÁFICO 1:** Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego São Mateus.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante desse contexto, foi elaborado um mapa de APPs para os cursos d'água, lagos/reservatórios artificiais e nascentes compreendidas no alto curso dos córregos São Mateus, Salvaterra e Bocaina. Para isso, foram feitos *buffers* no entorno dos mesmos, referentes às áreas de APPs, seguindo a delimitação estabelecida pelo Código Florestal Brasileiro (2012) (Figura 7). Para os cursos d'água naturais perenes e intermitentes de largura até 10m foi estabelecida a delimitação de 30m, para as nascentes a delimitação é de 50m, e para os lagos foi estabelecida a distância de 50m, já que se encontram em zona rural e possuem área inferior a 20 hectares.



**FIGURA 7:** Delimitação de APPs para o alto curso da área de estudo.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

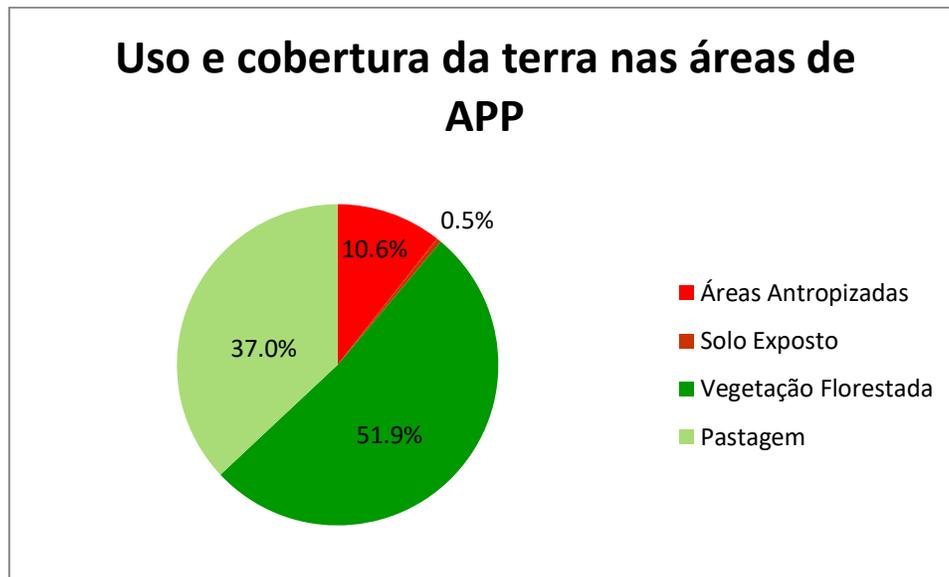
Para compreender os contextos ambientais em que os mesmos estão inseridos, foi feita a interpolação entre o mapa de uso e cobertura da terra e o mapa com *buffers* referentes às APPs, para assim auxiliar na compreensão das formas de uso e cobertura da terra dentro das faixas de APPs estabelecidas (Figura 8).



**FIGURA 8:** Interpolação entre APPs e uso e cobertura da terra dentro dos *buffers*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas de APP totalizam cerca de 3,595 km<sup>2</sup>, sendo aproximadamente 0,38 km<sup>2</sup> de áreas antropizadas, 0,02 km<sup>2</sup> de solo exposto, 1,86 km<sup>2</sup> de vegetação florestada e 1,33 km<sup>2</sup> de pastagem (Gráfico 2).

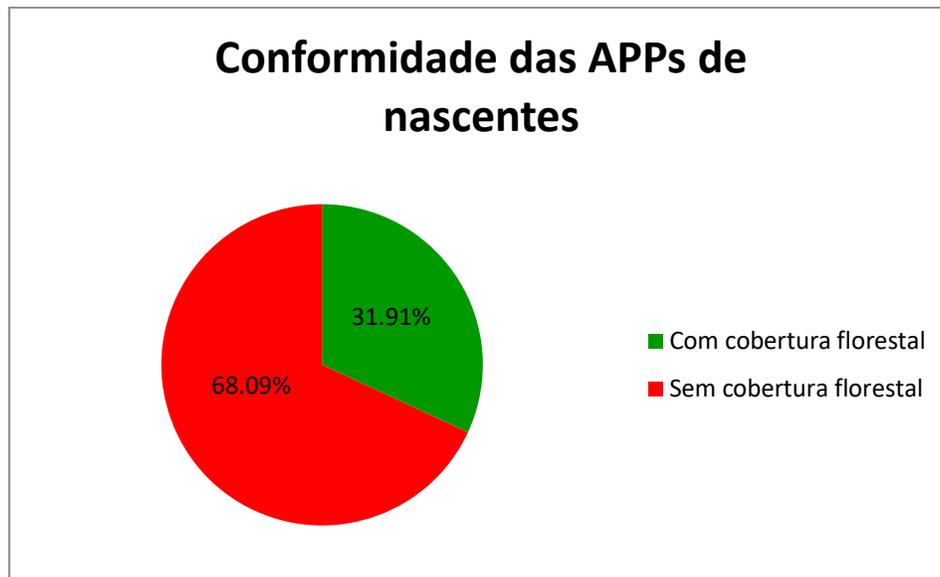


**GRÁFICO 2:** Uso e cobertura da terra nas áreas de APP.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Mais da metade da área de APP referente às nascentes e cursos d'água apresentam vegetação florestada, abrangendo cerca de 52% dessa área, sendo um percentual maior que a média da bacia, evidenciando assim sua importância para a conservação ambiental da área.

No entanto, esse número está associado principalmente às faixas de cursos d'água em áreas mais afastadas dos núcleos urbanos, sendo poucas as nascentes que possuem a proteção adequada. As áreas antropizadas e de solo exposto constituem um percentual relativamente baixo nas áreas de APPs, aparecendo concentradas principalmente na porção centro-norte da bacia, nas áreas mais urbanizadas. As áreas de pastagem aparecem de forma uniforme por toda faixa de APP, com exceção da porção centro-oeste.

Dentro das 47 nascentes encontradas, 15 delas (31,91%) apresentam área de APP conforme, com 100% de cobertura vegetal, enquanto 32 nascentes (68,09%) apresentam alguns fragmentos de vegetação florestada ou ausência completa de vegetação (Gráfico 3).



**GRÁFICO 3:** Conformidade das APPs de nascentes de acordo com sua cobertura vegetal.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nove nascentes que possuem a cobertura vegetal intacta em sua faixa de APP estão localizadas nas porções oeste, noroeste e sudeste da área de estudo, afastadas de áreas antropizadas e de núcleos urbanos. Outras quatro se encontram em áreas próximas de pastagem ou de áreas urbanas e/ou rodovias, mas possuem sua cobertura vegetal intacta até o momento. Duas nascentes foram encontradas na expedição de campo, localizadas na faixa centro-norte da área de estudo, com presença de vegetação florestada e gerando um curso d'água que deságua no córrego São Mateus.

Diante desse fator, as nascentes foram classificadas em três categorias, de acordo com seu grau de conservação (Tabela 1):

- preservadas: são nascentes que possuem o raio de 50 metros referentes às APPs todo composto por vegetação florestada;
- perturbadas: são nascentes que possuem fragmentos de vegetação florestada em conjunto com outras formas de uso e cobertura em um raio de 50 metros;
- degradadas: são nascentes que não possuem nenhum fragmento de vegetação florestada.

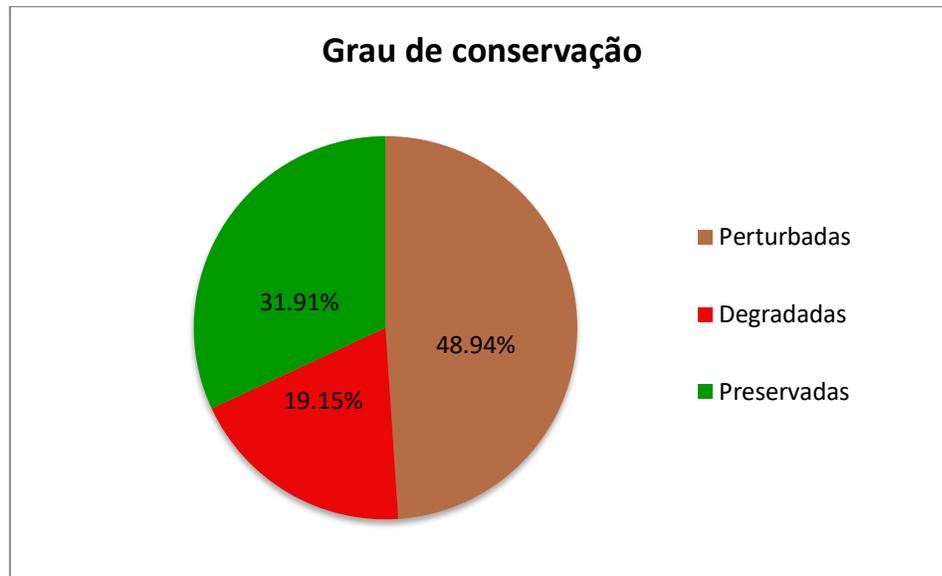
Nascente	Conservação	Conservação	Conservação	Formas de uso do solo	Formas de uso do solo	Formas de uso do solo
	Preservada	Perturbada	Degradada	Vegetação Florestada	Pastagem	Antropizada/solo exposto
1	X			X		
2		X		X		
3			X			X
4			X		X	
5		X		X		
6		X		X		
7		X		X		
8	X			X		
9	X			X		
10	X			X		
11			X		X	
12		X			X	
13	X			X		
14	X			X		
15		X				X
16		X			X	
17		X			X	
18			X			X
19		X		X		
20		X			X	
21			X		X	
22		X		X		
23	X			X		
24		X			X	
25		X		X		
26		X				X
27		X		X		
28		X			X	
29	X			X		
30		X			X	
31		X			X	
32			X		X	
33			X		X	
34		X		X		
35		X		X		
36			X			X
37			X			X
38	X			X		
39	X			X		
40	X			X		
41	X			X		
42	X			X		
43		X			X	
44		X			X	
45	X			X		
46		X			X	
47	X			X		

**TABELA 1:** Classificação das nascentes conforme seu estado de conservação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

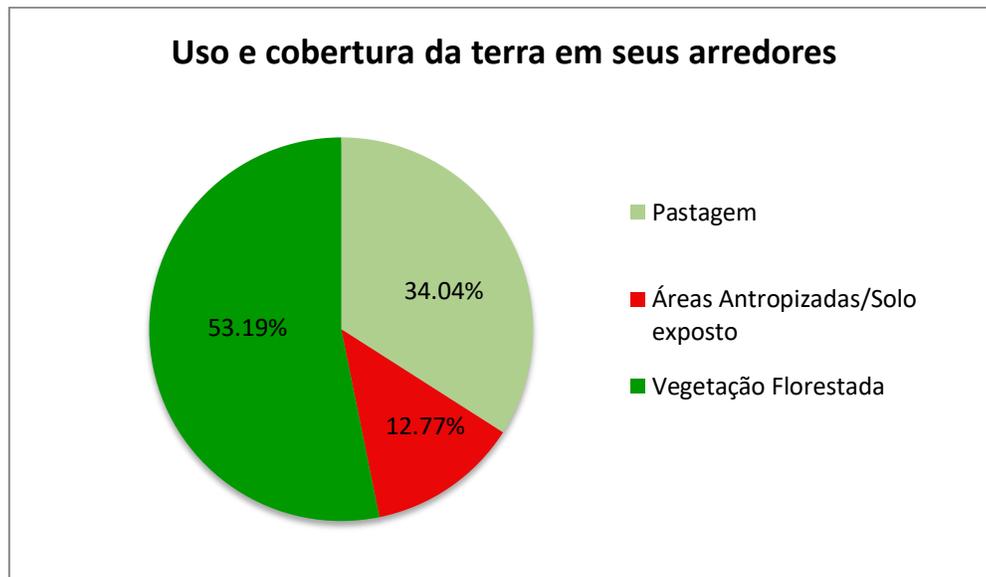
23 das nascentes encontradas (48,94%) apresentam algum grau de alteração, possuindo algum tipo de vegetação florestada em um raio inferior a 50 metros. 15 nascentes (31,91%) apresentaram vegetação florestada em todo seu entorno, enquanto outras nove nascentes (19,15%) mostraram total ausência de vegetação florestada em

seu entorno, localizadas em áreas fortemente antropizadas, sendo nascentes degradadas (Gráfico 4).



**GRÁFICO 4:** Grau de conservação das nascentes.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao uso e “cobertura” da terra predominante ao redor das nascentes, 25 delas apresentaram vegetação florestada em seus arredores (53,19%), sendo a classe de uso mais presente na área de estudo. Esse número está associado principalmente às nascentes que se localizam mais afastadas das áreas mais antropizadas, notoriamente nas porções noroeste e sudeste das áreas de estudo. Seis nascentes (12,77%) estão completamente associadas às áreas antropizadas e aos núcleos urbanos presentes na área de estudo. 16 nascentes (34,04%) apresentam-se em áreas de pastagem, sendo comum observar algumas manchas esparsas de atividades antrópicas dentro do raio de 50 metros dessas nascentes, além da ausência de vegetação florestada em algumas delas (Gráfico 5).



**GRÁFICO 5:** Uso e cobertura da terra nos arredores das nascentes.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Cabe destacar que algumas nascentes que se encontram em áreas de pastagem/vegetação florestada estão sujeitas à degradação e distúrbios ambientais, como as nascentes N19 e N29, que se localizam circundadas por construções e rodovias, existindo a possibilidade de serem afetadas pelas atividades antrópicas em seus arredores. A criação de estradas e uma possível expansão urbana destinadas às áreas mais afastadas na bacia também podem ser uma ameaça para algumas nascentes, como N6, N7 e N8.

Embora o percentual de áreas com vegetação florestada seja o maior dentro da bacia e nas áreas de APPs, não é possível dizer que essas áreas estão intrinsecamente associadas às nascentes, já que apenas cerca de 32% das nascentes encontradas possuem a cobertura vegetal adequada em suas faixas de proteção.

Conclui-se que as áreas de vegetação florestada estão associadas às margens de canais de 1ª e 2ª ordem (STRAHLER, 1952) em áreas mais afastadas de núcleos urbanos, assim como nas áreas próximas à confluência entre o córrego São Mateus e o córrego Salvaterra.

Localizadas em sua maioria em áreas já alteradas pelas atividades humanas, as nascentes da área de estudo se mostraram consideravelmente desprotegidas, já que nem um terço delas (1/3) apresentam a cobertura vegetal intacta em um raio de 50 metros. Além disso, algumas dessas nascentes que possuem cobertura vegetal

florestada, como N1, N14, N29, N41, se localizam próximas a núcleos urbanos, rodovias ou áreas de pastagem, podendo assim ter sua integridade e proteção ameaçada em caso de expansão dessas formas de uso e cobertura do solo para áreas mais próximas dessas nascentes.

Portanto, deve-se atentar para a proteção dessas poucas nascentes que se mantêm preservadas na área de estudo, evitando a retirada da cobertura vegetal que se mostra presente nessas áreas.

Para as áreas úmidas, foi feita uma classificação de conformidade com as APPs de nascentes e cursos d'água, já que as mesmas não possuem uma demarcação própria para proteção. Caso a área úmida se encontre dentro da faixa de proteção estabelecida para as nascentes e cursos d'água da área, supõe-se que as áreas úmidas estão protegidas. Caso contrário, considera-se que as áreas úmidas se apresentam desprotegidas (Tabela 2). Além disso, foram observadas as formas de cobertura ao seu redor, para assim auxiliar na discussão sobre sua proteção.

Área Úmida	Conservação		Formas de uso do solo		
	Conformidade com APPs	Desconformidade com APPs	Vegetação Florestada	Pastagem	Antropizada/solo exposto
1		X			X
2	X			X	
3	X			X	
4		X		X	
5		X		X	
6		X		X	
7	X		X		
8		X		X	
10	X		X		
12	X			X	
13	X			X	
14	X			X	
16	X			X	
17	X		X		
18		X		X	
20	X			X	
21	X			X	
22		X		X	
23		X		X	
24		X		X	
25	X		X		
26	X			X	
27		X	X		
28	X		X		
29	X			X	
30		X	X		
31		X		X	
32		X		X	
33		X		X	
34	X			X	
35		X		X	
36		X		X	
37		X			X
38		X		X	
39	X			X	
40	X			X	
41	X			X	
42	X			X	
43	X			X	
44		X	X		
45	X			X	
46	X		X		

**TABELA 2:** Classificação das áreas úmidas conforme seu estado de proteção.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível fazer uma classificação hidrogeomorfológica via gabinete, com o objetivo de auxiliar na compreensão de sua formação e interação com a paisagem e dinâmica do relevo local. Essa classificação teve como base a classificação hidrogeomorfológica de Brinson (1993), amplamente utilizada em estudos de áreas úmidas (Tabela 3).

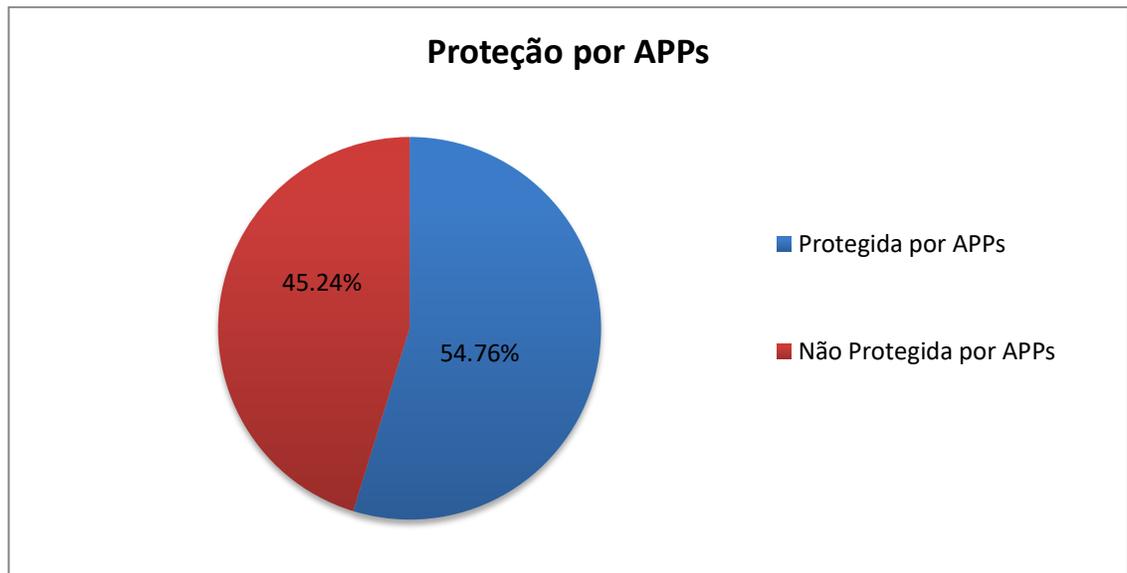
Área Úmida	Riverine	Depressional
1	X	
2	X	
3		X
4	X	
5	X	
6	X	
7	X	
8		X
10		X
12	X	
13	X	
14	X	
16	X	
17	X	
18	X	
20	X	
21	X	
22	X	
23	X	
24		X
25	X	
26		X
27		X
28	X	
29	X	
30	X	
31	X	
32		X
33		X
34	X	
35	X	
36	X	
37	X	
38		X
39	X	
40	X	
41	X	
42	X	
43	X	
44		X
45	X	
46		X

**TABELA 3:** Classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao aplicar essa classificação, foram utilizadas as classes *Riverine wetlands*, que podem ser traduzidas como áreas úmidas fluviais, associadas às áreas de baixadas e fundo de vale, com conexão à drenagem superficial; e *depressional wetlands*, traduzidas como áreas úmidas deprimidas, relacionadas às áreas úmidas presentes em morfologias côncavas de encostas e cabeceiras de drenagem.

Entre as 42 áreas úmidas encontradas, 31 delas estão associadas à drenagem local, localizando-se próximas aos cursos d'água, podendo-se assim inferir que são alimentadas por inundações e pelo escoamento superficial, principalmente em épocas de cheias. Outras 11 áreas úmidas se encontram em cabeceiras de drenagem ou em morfologias côncavas das vertentes, que são locais propícios para a acumulação de água por meio do escoamento superficial e exfiltração subsuperficial.

23 das áreas úmidas encontradas (54,76%) se localizam parcialmente dentro do *buffer* estabelecido como faixa de delimitação de APPs, enquanto 19 áreas úmidas (45,24%) se encontram fora da faixa de proteção estabelecida pelas APPs (Gráfico 6).



**GRÁFICO 6:** Grau de proteção das áreas úmidas.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

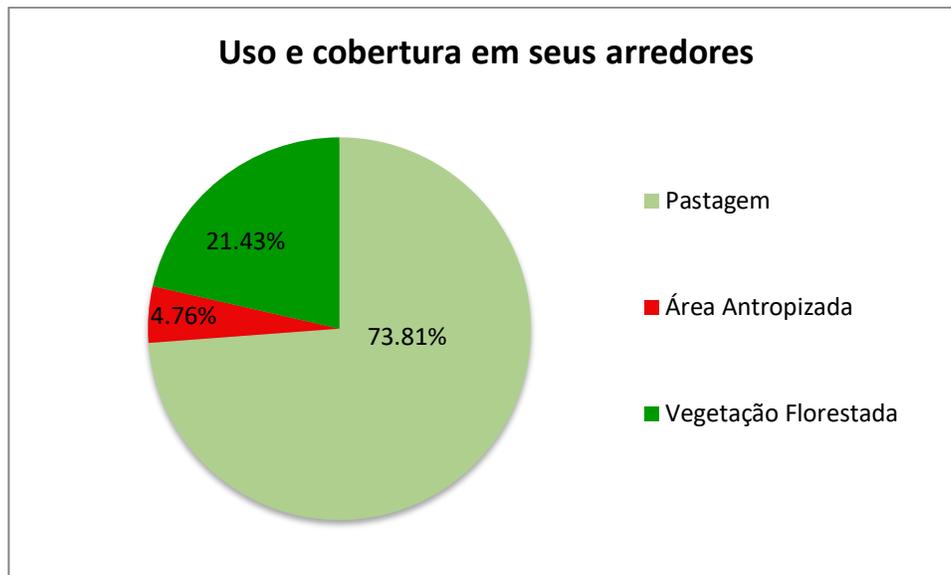
Entre as 23 áreas úmidas contempladas pelas faixas de APPs, duas se encontram associadas às APPs de nascentes, enquanto o restante se mostrou protegida através das faixas marginais dos cursos d'água. A dificuldade de se reconhecer áreas úmidas que se constituem e se comportam como nascentes através

de imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto pode ser um fator que contribui para esse baixo índice.

Dentro dessas 21 áreas úmidas protegidas que estão associadas às APPs de margens de cursos d'água, nove se apresentaram em canais de 1ª ordem (STRAHLER, 1952), sendo o restante encontrado em canais de ordens superiores. Esse resultado indica que canais 2ª ordem ou maiores, por serem canais de maior extensão e possuírem maior energia em seu fluxo, em tese são mais suscetíveis às cheias de suas águas, e, conseqüentemente, de possuírem áreas úmidas mais extensas em suas margens.

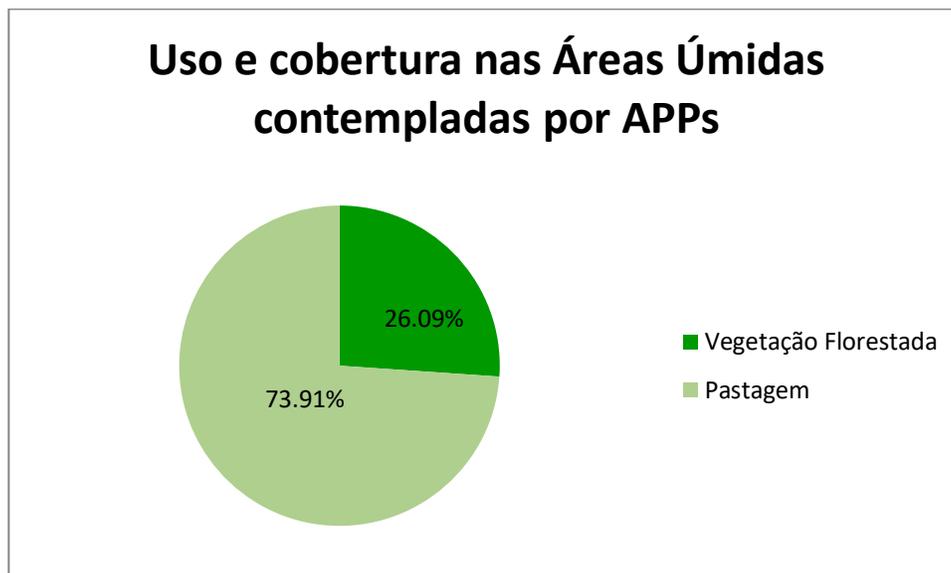
Ou seja, pouco mais da metade das áreas úmidas encontradas no alto curso da bacia do córrego São Mateus se mostram protegidas sob a ótica da legislação vigente, já que não existe uma diretriz específica que trata sobre a proteção de áreas úmidas, sendo o mais próximo disso a proteção de veredas. A proteção por APPs que foi possível observar é majoritariamente referente às faixas marginais dos cursos d'água presentes na área de estudo. No entanto, observa-se claramente que apenas esse tipo de proteção não é suficiente para garantir a integridade das áreas úmidas.

Entre as 42 áreas úmidas, nove estão em áreas de vegetação florestada (21,43%), 31 estão em áreas de pastagem (73,81%) e duas estão em áreas antropizadas (4,76%) (Gráfico 7). Esse resultado indica que a maioria das áreas úmidas estão sujeitas a perturbações e alterações em suas formas de uso e cobertura da terra, principalmente por estarem associadas às faixas marginais de cursos d'água, que se mostram alterados dentro de paisagens urbanas. Além disso, algumas delas apresentam vegetação higrófila e solos permanentemente encharcados, que por sua vez seriam responsáveis por abrigar poucas espécies adaptadas ao ambiente encharcado.



**GRÁFICO 7:** Uso e cobertura da terra nos arredores das áreas úmidas.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Entre as áreas úmidas contempladas por APPs, foi possível observar o mesmo panorama no que tange às formas de uso e cobertura da terra, sendo 17 áreas úmidas (73,91%) encontradas em um contexto de pastagem e seis áreas úmidas (26,09%) presentes em áreas de vegetação florestada (Gráfico 8).



**GRÁFICO 8:** Uso e cobertura da terra nos arredores das áreas úmidas com APPs.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

O pequeno número de vegetação florestada no entorno das áreas úmidas está associado às matas ciliares em torno de alguns cursos d'água e de nascentes, além de

áreas de cabeceiras de drenagem ou morfologias côncavas de vertentes desconectadas da rede de drenagem, que ainda possuem sua cobertura vegetal intacta totalmente ou parcialmente.

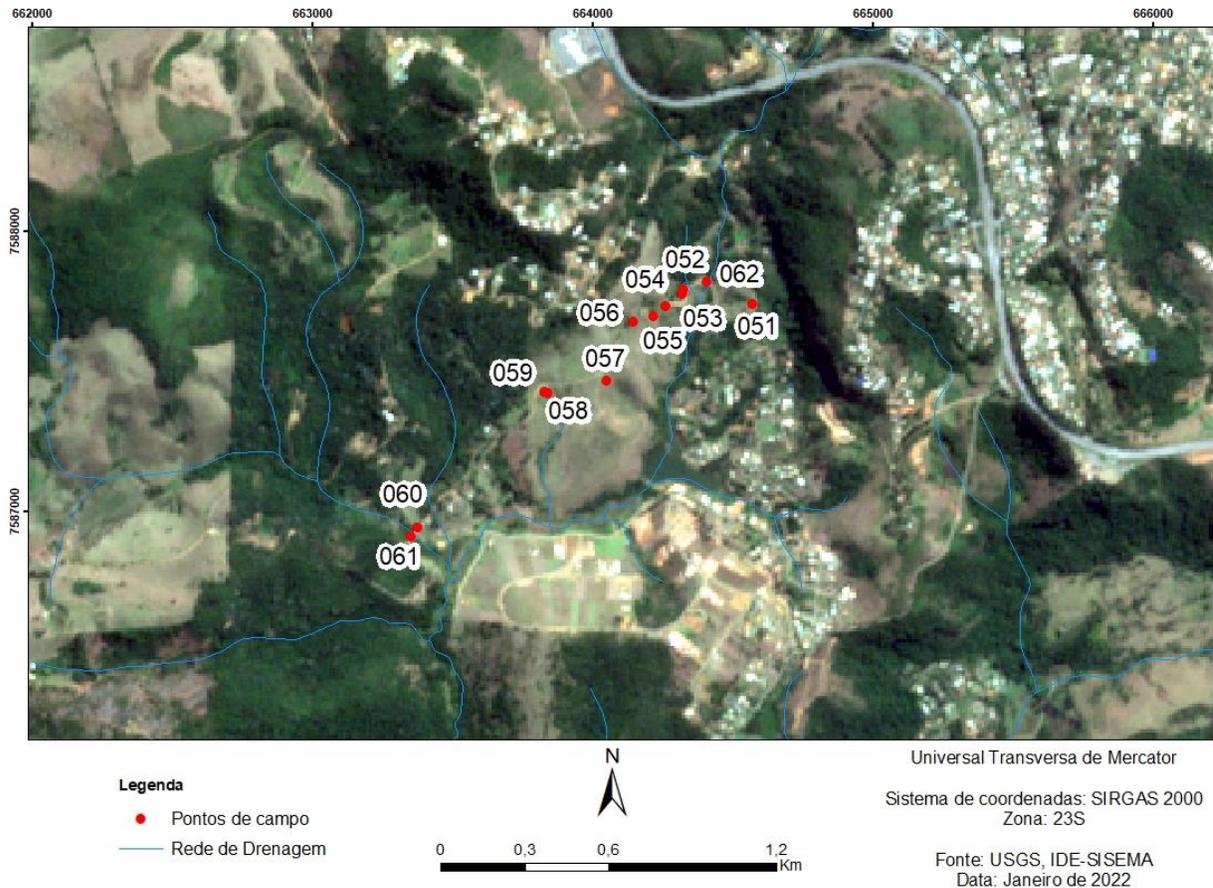
O solo permanentemente encharcado das áreas úmidas resulta na presença de uma vegetação higrófila específica adaptada às condições locais, podendo ser um fator que contribui na ausência de uma vegetação florestada mais robusta em relação às áreas de nascentes.

Além disso, esse fator pode também estar associado à falta de uma legislação específica responsável pela proteção das áreas úmidas, o que leva à alteração mais frequente e intensa das formas de uso e cobertura da terra nos locais onde se encontram.

Portanto, as áreas úmidas são dependentes da delimitação de APPs de nascentes e de faixas marginais de cursos d'água para terem alguma proteção do ponto de vista legal. No entanto, mesmo diante de tais casos, essa proteção pode se mostrar ineficaz, já que a delimitação estabelecida pode se mostrar insuficiente. Exemplos disso são casos em que as faixas marginais estabelecidas para os cursos d'água não cobrem toda a área de inundação referente às suas planícies, podendo deixar algumas áreas úmidas desprotegidas, como foi possível observar neste trabalho.

Mesmo em uma área majoritariamente rural, com cerca de 12% de áreas antropizadas e de solo exposto, as nascentes e áreas úmidas se mostraram consideravelmente desprotegidas, evidenciando a necessidade de se pensar uma legislação ambiental mais eficaz e abrangente em um contexto de crescente expansão urbana e de atividades primárias, para assim garantir a proteção adequada e a integridade desses hidrossistemas.

Feita a identificação remota, foi realizada uma expedição de campo no dia 15/01/2022, entre 14:30-17:50. Foram selecionados 11 pontos (Figura 9) para verificação e estudos, escolhidos devido a maior facilidade de acesso. Desta forma, foi possível identificar o contexto ambiental em que as nascentes e áreas úmidas encontradas se inserem, assim como a presença ou não de interferência humana em seus arredores.



**FIGURA 9:** Pontos verificados em campo.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No ponto 051 foi possível identificar uma área úmida de encosta, com drenagem à jusante aparente, sem hidromorfismo aparente e associada a um lago. Possui vegetação higrófila e pastagem ao seu redor. Foi constatada a presença de uma nascente no bananal no sopé do rochedo, existindo, portanto, uma conectividade entre nascente, área úmida e lago (Figuras 10 e 11).



**FIGURA 10:** Área úmida de encosta (AU46)  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 11:** Lago à jusante de área úmida (AU46).  
Fonte: Miguel Felipe.

O ponto 052 é referente à AU29, que se mostrou uma nascente em forma de área úmida, podendo ser considerada uma nascente helocrena ou uma área úmida de depressão, possuindo hidromorfismo aparente. Além disso, apresenta conectividade entre nascente/área úmida lótica, com vegetação higrófitas na área úmida e pastagem em seu entorno (Figuras 12, 13, 14).



**FIGURA 12:** Nascente helocrena/área úmida (AU29) na beira da estrada.  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 13:** Hidromorfismo aparente na área úmida (AU29).  
Fonte: Miguel Felipe.

**FIGURA 14:** Vegetação higrófitas na área úmida (AU29).  
Fonte: Miguel Felipe.



O ponto 054 corresponde à AU03, sendo visualizada da estrada. É uma área úmida de depressão, entre duas estradas, não sendo possível identificar drenagem e hidromorfismo aparente, sendo possível notar a presença de vegetação higrófitas na área úmida e pastagem ao seu redor (Figuras 15 e 16).



**FIGURA 15:** Área úmida (AU03) localizada entre duas estradas.  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 16:** Área úmida (AU03) de depressão.  
Fonte: Miguel Felipe.

No ponto 055 foi possível identificar uma nascente recrena drenante que não tinha sido mapeada previamente, localizada acima de AU03. Possui pastagem em seu entorno, com presença de algumas capoeiras e uma árvore (Figuras 17 e 18).



**FIGURA 17:** Presença de capoeiras e uma árvore ao redor da nascente (N46).  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 18:** Nascente reocrena (N46) um pouco acima da área úmida (AU03).  
Fonte: Miguel Felipe.

O ponto 056 é referente à AU04, sendo possível sua visualização apenas da estrada, não sendo assim possível identificar a drenagem e possível hidromorfismo. É uma área úmida de depressão, com formato de meia-lua. Possui vegetação higrófitas e pastagem em seu entorno (Figuras 19 e 20).



**FIGURA 19:** Área úmida (AU04) de depressão próxima à estrada.  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 20:** Área úmida (AU04) em formato de meia-lua.  
Fonte: Miguel Felipe.

No ponto 057 foi identificada a AU08, uma área úmida de depressão. Por ser verificada à distância, não foi possível ver a drenagem e hidromorfismo. Também possui vegetação higrófitas e pastagem em seus arredores (Figuras 21 e 22).



**FIGURA 21:** Área úmida (AU08) vista da estrada.  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 22:** Área úmida (AU08) formada em uma depressão.  
Fonte: Miguel Felipe.

O ponto 059 é onde está mapeada a AU10, onde na verdade se encontra um ambiente lótico, com vegetação arbórea. Neste ponto, encontrou-se uma nascente helocrena (N44), que com o recuo do nível freático, provavelmente se encaixa em um canal existente à jusante. Existe uma conectividade entre nascente e o sistema lótico, sendo possível pastagem e capoeira no entorno dessa área, com drenagem aparente e ausência de hidromorfismo. Ainda nesse ponto, parece que áreas úmidas ao redor são continuação do canal dessa nascente (Figuras 23, 24, 25).



**FIGURA 23:** Ambiente lótico em área úmida (AU10).  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 24:** Pequena área úmida (AU10).  
Fonte: Miguel Felipe.

**FIGURA 25:** Estrada que leva até a nascente helocrena (N44).  
Fonte: Miguel Felipe.



Nos pontos 060 e 061 se encontra a AU18, uma área úmida fluvial, associada ao curso d'água próximo, com drenagem e hidromorfismo aparente e conectividade entre os sistemas lóticos. Possui vegetação higrófitas na área úmida, com pastagem, eucalipto e capoeira em seu entorno. Essa área úmida possui o mesmo sistema das áreas úmidas próximas, podendo-se dizer que são apenas uma grande área úmida, cujo subsistemas foram interrompidos pela estrada (Figuras 26, 27, 28, 29, 30).



**FIGURA 26:** Lago próximo à área úmida (AU18).  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 27:** Área úmida (AU18) com hidromorfismo aparente.  
Fonte: Miguel Felipe.

**FIGURA 28:** Área úmida (AU18) associada à drenagem local.  
Fonte: Miguel Felipe.





**FIGURA 29:** Vegetação higrófitas no centro da área úmida (AU18).  
Fonte: Miguel Felipe.



**FIGURA 30:** Sistemas separados pela estrada.  
Fonte: Miguel Felipe.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As modificações nas formas de relevo, nas formas originais de uso e cobertura da terra e, conseqüentemente, nos processos hidrogeomorfológicos referentes ao ciclo hidrológico natural, afetam toda a dinâmica da paisagem na escala da bacia hidrográfica. Tal fator coloca em xeque a integridade e o funcionamento de hidrossistemas como nascentes e áreas úmidas.

A utilização de imagens de satélite e técnicas aplicadas de sensoriamento remoto e fotointerpretação geográfica para localização de nascentes e áreas úmidas se mostrou eficiente e satisfatória, porém nem sempre permite identificar todos os hidrossistemas presentes na área, já que vários dessas nascentes não possuem curso d'água mapeado previamente, e, assim como as áreas úmidas, constituem-se em áreas pequenas, sendo difícil sua identificação e localização através apenas de imagens de satélite. Portanto, a verificação e os estudos em campo foram essenciais para a identificação dos hidrossistemas e também para entender as suas relações com a paisagem, suas características e sua dinâmica hidrológica.

Soma-se a isso o fato de que a expedição de campo ajudou também a localizar hidrossistemas e cursos d'água não mapeados previamente, assim como identificar que alguns locais previamente identificados como áreas úmidas não eram de fato áreas úmidas. Além disso, permitiu a compreensão de que áreas identificadas como um conjunto de áreas úmidas podem ser na verdade apenas uma área úmida de maior extensão, possuindo o subsistema interrompido por atividades antrópicas.

As nascentes e áreas úmidas da região são majoritariamente de pequena extensão, sendo áreas encharcadas que se formam e tem sua dinâmica hidrológica condicionada pelas formas de relevo local e seus processos hidrogeomorfológicos associados. Tais hidrossistemas se mostraram distribuídos de forma heterogênea nas declivosas vertentes da área de estudo, principalmente em cabeceiras de drenagem e em morfologias deprimidas e côncavas, sendo alimentadas através do escoamento de águas pluviais e também por exfiltração do nível freático. As áreas úmidas, por sua vez, também se mostraram associadas às margens dos cursos d'água locais, sendo alimentadas principalmente por suas cheias.

Na porção centro-norte da bacia notou-se uma concentração de áreas úmidas em um local de transição morfológica (serras/colinas/vertentes recobertas por colúvios e tálus) e também de estruturas geológicas (unidade charnoquítica/unidade tonalítica), próximas à montante do córrego São Mateus. A mudança nas formas de relevo e em sua composição estrutural pode ter resultado em morfologias côncavas ou deprimidas que se apresentaram propícias para a acumulação de água e/ou exfiltração do nível freático.

Como verificado na área de estudo, foi comum observar que a faixa dos 50 metros referentes às faixas de APPs das nascentes, conforme disposto pela Lei Federal 12.651, não é respeitada, sendo a maioria das nascentes encontradas perturbadas ou degradadas no que tange ao seu grau de conservação (68,09%), enquanto apenas 31,91% das nascentes encontradas apresentaram cobertura vegetal florestada em toda sua faixa de proteção de 50 metros.

Tal ausência de vegetação em várias das nascentes encontradas está associada à construção de núcleos urbanos e de rodovias na área, principalmente em suas porções centro-norte, nordeste e sudeste, sendo os locais mais alterados antropicamente da bacia. Além dessas formas de uso e cobertura da terra, também foi possível observar a predominância de pastagem em algumas áreas.

Para as áreas úmidas, foi possível confirmar em campo que a grande maioria se encontra circundada por pastagem, com presença de uma vegetação higrófila adaptada no local das áreas úmidas. O solo encharcado e a presença de hidromorfismo é um fator que também explica essa frequente ocorrência, já que tais áreas possuem uma vegetação adaptada às suas condições. Soma-se a isso as alterações de cunho antrópico em algumas áreas, principalmente com a construção de estradas, como visto em campo, sendo responsáveis por afetar sua dinâmica e distribuição espacial.

Além disso, apenas pouco mais da metade das áreas úmidas encontradas (54,76%) se apresentaram contempladas por faixas de proteção referentes às APPs de nascentes e cursos d'água. Dentro dessas 23 áreas úmidas, 17 delas (73,91%) foram encontradas em contexto de pastagens, enquanto seis delas (26,09%) se apresentaram em áreas de vegetação florestada.

Dentro do montante das áreas úmidas que se enquadram nas faixas de APPs, apenas duas foram identificadas próximas a nascentes. Tal fator pode estar associado a dificuldade de se identificar nascentes que se comportam como áreas úmidas por meio de técnicas de fotointerpretação geográfica, sendo necessária a verificação de campo para averiguar tal comportamento.

No que se refere às condições de preservação, apenas seis áreas úmidas (14,29%) dentro das 42 encontradas mostram-se contempladas por APPs totalmente cobertas por vegetação florestada, enquanto 15 nascentes (31,91%) em 47 encontradas apresentam-se sobre APPs totalmente revestidas por vegetação florestada.

Portanto, pode-se dizer que a delimitação da faixa de proteção de cursos d'água estabelecida no Código Florestal, realizada a partir da calha regular, não é suficiente para fornecer a proteção adequada para as áreas úmidas. Esta delimitação garante apenas a proteção de uma pequena faixa ao longo dos cursos d'água, e, conseqüentemente, poucas áreas úmidas são protegidas.

Além do alto número de áreas úmidas conectadas à drenagem local, também foi possível observar a presença de áreas úmidas em algumas vertentes presentes na área, principalmente em porções côncavas, propícias para o acúmulo de águas pluviais, que somadas à exfiltração do nível freático, alimentam tais áreas. Para essas áreas úmidas, não existe uma forma de proteção específica dentro da legislação ambiental, sendo, portanto, dependentes da proteção estabelecida para as nascentes.

Conclui-se que os hidrossistemas encontrados na área de estudo se mostram consideravelmente desprotegidos. A ausência de cobertura vegetal florestada em seus arredores, associada muitas vezes com a expansão urbana, construção de rodovias e com o uso de pastagem, evidencia que os limites estabelecidos como faixas de APPs se mostram insuficientes para garantir a proteção de nascentes e cursos d'água.

Os resultados obtidos indicam que mesmo diante de um cenário em que as nascentes se mostram pouco protegidas, o fato de possuírem APPs estabelecidas por lei faz com que a cobertura vegetal em tais áreas seja menos alterada, garantindo uma maior proteção à esses hidrossistemas caso comparadas com as áreas úmidas,

demonstrando assim a necessidade de se pensar o grau de proteção no qual as áreas úmidas estão submetidas dentro da legislação ambiental vigente.

Tendo em vista uma possível expansão urbana para o interior da bacia, o cenário pode se tornar ainda mais temeroso em relação à proteção e integridade desses hidrossistemas, já que algumas nascentes e áreas úmidas se mostram próximas a algumas áreas antropizadas. Além disso, a expedição de campo revelou a presença de hidrossistemas não mapeados previamente, indicando que existem ainda mais nascentes e áreas úmidas a serem descobertas na área de estudo, mostrando-se potencialmente ameaçadas devido ao desconhecimento de sua existência.

Tal fator, além de estar relacionado à não aplicação das leis, evidencia a insuficiência das diretrizes estabelecidas, deixando fora de suas disposições uma diretriz específica para proteção de áreas úmidas, além do descaso com as nascentes e olhos d'água intermitentes.

Para buscar-se recuperar as áreas de APPs de nascentes que se apresentam perturbadas ou degradadas, o que se mostra recomendado dentro da literatura nacional, como em Pinto et al. (2005) e Capoane; Tiecher; Rheinheimer (2016), é o isolamento da área em um raio de 50 metros, impedindo atividades antrópicas em seus arredores e também a invasão por animais domésticos, já que seu pisoteio pode resultar na compactação do solo e comprometer o estrato regenerativo da área. Em caso de uso agrícola ou de pastagem, o ideal é evitar esse tipo de atividade, já que a conversão de sistemas naturais para essas atividades resulta na alteração das funções hidrológicas, ecológicas e ambientais dessas áreas, acarretando também em competição com as espécies arbóreas plantadas ou regeneradas naturalmente. Portanto, recomenda-se o plantio de espécies nativas. Em nascentes que apresentam níveis mais intensos de alterações, cuja resiliência encontra-se afetada, talvez seja necessário intervenções antrópicas para restaurar os processos naturais e, conseqüentemente, auxiliar na sua regeneração natural.

É importante ressaltar que o processo de recuperação não deve se circunscrever apenas à área imediata das nascentes, devendo se pensar na bacia hidrográfica como um todo para sua proteção, conforme Carmo, Felipe e Magalhães JR (2014), que acrescentam que a não inclusão da proteção da bacia hidrográfica contribuinte

(conforme a Resolução CONAMA 303/2002) no texto da Lei n.12.651/2012 é um erro, indicando a necessidade de se pensar a aproximação da legislação com o conhecimento científico e a realidade prática das nascentes. Ainda segundo os autores, apesar da legislação tomar como base as nascentes pontuais, perenes e fixas, não se pode ignorar as nascentes móveis, difusas e intermitentes, já que todas elas podem contribuir para os sistemas fluviais e desempenhar uma função hidrológica importante.

Para as áreas úmidas, a principal discussão é a falta de uma legislação específica responsável por regular sua proteção. O que se mostra recomendado dentro da literatura nacional, como visto em Piedade et al. (2012) e Bozelli et al. (2018), são medidas como a inclusão, além do conceito de “áreas úmidas”, também de suas diferentes categorias, além de incluir usos de APPs nas mesmas, devendo possuir uma legislação específica. No que diz respeito às medidas de leito dos rios, deve-se considerar a margem superior de expansão da cheia, ou a média das cheias máximas dos últimos 5-10 anos, em concordância com a Constituição brasileira. Recomenda-se também mudanças nos modelos de gestão, de modo a contemplar um maior número de áreas úmidas e sua diversidade, e também promover o trabalho junto à educação ambiental de promover a consciência sobre a importância de pequenas áreas úmidas e os benefícios de seus diversos serviços prestados, além de refutar a ideia de que as áreas úmidas são ambientes insalubres.

Portanto, parece evidente que a legislação ambiental vigente precisa de ajustes e melhorias no que tange à proteção desses hidrossistemas. Algumas das diretrizes estabelecidas se mostram insuficientes para garantir a integridade de nascentes e áreas úmidas, sendo necessária a opinião da comunidade científica para a elaboração de novas medidas. Além disso, é fundamental que os órgãos responsáveis pela gestão ambiental façam com que as leis e diretrizes ambientais sejam aplicadas.

Destaca-se que na área de estudo foi observado que as nascentes se apresentam mais protegidas do que as áreas úmidas, evidenciando a necessidade da inclusão de novas diretrizes referentes à proteção das áreas úmidas dentro da legislação ambiental brasileira. O baixo índice de áreas úmidas protegidas mostram que a normatização de APPs para esses hidrossistemas é uma medida necessária para sua proteção.

Os resultados encontrados vão em direção ao que se observa dentro da literatura nacional, já que são numerosos os estudos dentro das temáticas de fragilidade e proteção de áreas úmidas, nascentes e sistemas hídricos como um todo dentro do território brasileiro, evidenciando assim a importância desses hidrossistemas, tanto do ponto de vista ecológico, como também econômico e sociocultural, sendo de extrema relevância a adoção de novas medidas de proteção, conservação e restauração dessas áreas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Vol. 1. Ateliê Editorial, 2003.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Do código florestal para o código da biodiversidade. 2010.

ÁVILA, Bárbara Thaís; DE ALMEIDA NETO, José Oliveira; FELIPPE, Miguel Fernandes. Suscetibilidade morfométrica a inundações nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe, Zona da Mata de Minas Gerais. **Formação (Online)**, v. 1, n. 24, 2017.

BACANI, Vitor Matheus et al. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília (DF), 2002.

BRASIL, 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm)>. Acesso em 18/06/2021.

BRINSON, Mark M. (Ed.). **A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands**. Washington: U.s. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1993. (Wetlands Research Program Technical Report).

BENDA, FABRICIA; ALVES, M. G.; CORRÊA, F. P. Estudo do risco de degradação por assoreamento dos corpos d'água superficiais utilizando SIG. **Informática Pública**, v. 9, n. 2, p. 55-69, 2007.

BOZELLI, Reinaldo Luiz et al. Pequenas áreas úmidas: importância para conservação e gestão da biodiversidade brasileira. **Biodiversidade e gestão**, v. 2, n. 2, p. 122-138, 2018.

CARMO, Laila Gonçalves; FELIPPE, Miguel Fernandes; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes:

conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 275-293, 2014.

CAPOANE, Viviane; TIECHER, Tales; RHEINHEIMER, D. S. Uso da terra e qualidade da água: influência das zonas ripárias e úmidas em duas bacias hidrográficas do Planalto do Rio Grande do Sul. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 2, p. 163-175, 2016.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge, 2007.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) (Org.). **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Brasília: Cprm/codemig, 2014.

CORDEIRO, Abner Nunes; GARCEZ, Danielle Sequeira; DE HOLANDA BASTOS, Frederico. A influência dos componentes geoambientais e das intervenções antropogênicas nos movimentos de massa na sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora, Maranguape-Ceará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 1, p. 135-154, 2014.

CUNHA, Catia Nunes da; PIEDADE, Maria Teresa Fernandez; JUNK, Wolfgang J. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. Cuiabá: EdUFMT, 2015.

OLIVEIRA, M. C. P. ; OLIVEIRA, B. T. A. ; DIAS, J. S. ; MOURA, M. N. ; SILVA, B. M. ; SILVA, S. V. B. E. ; FELIPPE, Miguel. F. . Avaliação Macroscópica da Qualidade das Nascentes do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista de Geografia* , v. 3, p. 1-7, 2013.

DO AMARAL, Rosangela; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, n. 26, p. 59-78, 2009.

DONADIO, Nicole MM; GALBIATTI, João A.; PAULA, Rinaldo C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 115-125, 2005.

FELIPPE, Miguel Fernandes. Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. 2009.

FELIPPE, Miguel Fernandes; JÚNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. **Revista Geografias**, p. 8-23, 2012.

FELIPPE, Miguel Fernandes; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista Geografias**, p. 70-81, 2013.

FRANÇA JÚNIOR; P.; PELOGGIA, A.U.G. Os conceitos de Antropoceno e Tecnógeno e o estudo da humanidade como agente geomorfológico. In: FRANÇA JÚNIOR, P. (org.) Geomorfologia do Tecnógeno e do Antropoceno. Ituiutaba, 2020. Editora Barlavento.

FURLAN, André Ricardo; TRENTIN, Romário. IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOMÉTRICAS A PARTIR DA DECLIVIDADE E PLANO DE CURVATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO HENRIQUE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL/Identification of geomorphometric units from the slope and plane of curvature in the watershed. **REVISTA GEONORTE**, v. 10, n. 34, p. 01-19, 2019.

GARCIA, Joice Machado et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018.

GIAROLA, Isabela Belmira Santos. Interpretações morfoestruturais da drenagem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe-Minas Gerais. **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 2, p. 131-146. 2018.

GOMES, Cecília Siman. **Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais**. 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

GOMES, Emerson Chaves Ferreira et al. A nova legislação ambiental brasileira e seus efeitos sobre a reestruturação de nascentes e remanescentes florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.

GOMES, Cecília Siman; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. CLASSES HIDROGEOMORFOLÓGICAS DE ÁREAS ÚMIDAS EM MINAS GERAIS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, 2020.

HAAS, Marcelo Batista; VERDUM, Roberto. Definição de Parâmetros para a Proteção de Nascentes. 2009.

JACKSON, C. Rhett; THOMPSON, James A.; KOLKA, Randall K. Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology. *In*: BATZER, Darold P.; SHARITZ, Rebecca R. (ed.). **Ecology of Freshwater and Estuarine Wetlands**. Berkeley: University Of California Press, 2014. Cap. 2. p. 23-60.

KAMINO, L. H. Y.; REZENDE, E. A.; SANTOS, L. J. C.; FELIPPE, M. F. F.; ASSIS, W. L. A. Atlantic Tropical Brazil. *In*: SALGADO, André Augusto Rodrigues; SANTOS, Leonardo José Cordeiro; PAISANI, Julio César (ed.). **The Physical Geography of Brazil: environment, vegetation and landscape**. Cham: Springer, 2019. Cap. 4. p. 41-73.

JUNGHANS, Katie et al. Springs ecosystem distribution and density for improving stewardship. **Freshwater Science**, v. 35, n. 4, p. 1330-1339, 2016.

JUNK, Wolfgang J. et al. Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. Cuiabá: **CPP/INAU**, 2012.

JUNK, Wolfgang J. et al. Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. **Classificação e delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus macrohabitats**. Cuiabá: **INCT-INAU-EdUFMT**, p. 13-76, 2014.

JUNK, Wolfgang Johannes; PIEDADE, Maria Tereza Fernandez. Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: avanços e conquistas recentes. **Boletim ABLimno**, v. 41, n. 2, p. 20-24, 2015.

MAGALHÃES JR, Antônio Pereira; FELIPPE, Miguel Fernandes. River springs in sustainable water management: an overview of the case of belo horizonte, brazil. XIV WORLD WATER CONGRESS, 2011.

MINAS GERAIS, 2013. **Código Florestal Mineiro**. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em 18/06/2021.

MINAS GERAIS, 1996. Conselho de Política Ambiental - COPAM. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Deliberação

Normativa n. 16, de 24 de setembro de 1996. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=113>>. Acesso em: 22 de novembro de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em <<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/s%C3%ADtios-ramsar.html>>. Acesso em 18/06/2021.

DE CASTRO PANIZZA, Andrea; FONSECA, Fernanda Padovesi. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 15, n. 3, p. 30-43, 2011.

PARAGUASSÚ, Larissa et al. Influência da urbanização na qualidade das nascentes de parques municipais em Belo Horizonte–MG. **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, p. 1-16, 2010.

PELECH, André Souza; DE OLIVEIRA PEIXOTO, Maria Naíse. Rios urbanos: contribuições da Antropogeomorfologia e dos estudos sobre os Terrenos Tecnogênicos. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 65, n. 1, p. 2-22, 2020.

PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 257-268, 2017.

PEREZ FILHO, Archimedes; QUARESMA, Cristiano Capellani. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, 2012.

PIEIDADE, Maria Teresa Fernandez et al. As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro. **Código Florestal e a ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber. Sumários executivos de estudos científicos sobre impactos do projeto de Código Florestal**, p. 9-17, 2012.

PIRES, Laís Guerra; VILLAÇA, Miguel Gerheim. **ALTERAÇÃO DOS NÍVEIS DE CONDUTIVIDADE E STD NOS CÓRREGOS SALVATERRA E SÃO MATEUS EM FUNÇÃO DA DESCARGA DE CHORUME DO ATERRO CONTROLADO E SANITÁRIO SALVATERRA – JUIZ DE FORA (MG)**. Orientador: César Henrique Barra Rocha. 2011. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Análise Ambiental,

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: [https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-MIGUEL-GERHEIM-VILLAÇA\\_LAÍS-GUERRA-PIRES.pdf](https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-MIGUEL-GERHEIM-VILLAÇA_LAÍS-GUERRA-PIRES.pdf).

QUEIROZ, Marina Lima. Nascentes, veredas e áreas úmidas: revisão conceitual e metodologia de caracterização e determinação: estudo de caso na estação ecológica de águas emendadas-Distrito Federal. 2015.

ROCHA, César Henrique Barra; DE AZEVEDO, Leonardo Pimenta. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Revista Espinhaço**, 2015.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

SERAFINI, Leonardo Zagonel. **Proteção jurídica das áreas úmidas e os direitos Socioambientais**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Direito da PUC-PR, Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp024867.pdf>.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações - Minas Gerais [Atualizado em 30/11/2021]. Disponível em: <http://cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Minas-Gerais-5077.html>. Acesso em 11/01/2022.

SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2021. Disponível em: [idesisema.meioambiente.mg.gov.br](http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br). Acesso em: 30/11/2021.

SPRINGER, Abraham E. et al. A comprehensive springs classification system. **Aridland springs in North America: ecology and conservation**. University of Arizona Press and Arizona–Sonora Desert Museum, Tucson, p. 49-75, 2008.

SPRINGER, Abraham E.; STEVENS, Lawrence E. Spheres of discharge of springs. **Hydrogeology Journal**, v. 17, n. 1, p. 83-93, 2009.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 63, n.11, p.1117-1142, nov. 1952.

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

SOUZA, F.; DO NASCIMENTO, Flávio Rodrigues; OTENIO, Marcelo Henrique. Contexto geoambiental da bacia do Rio do Peixe, Sudeste do Brasil. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

TRICART, Jean. **ecodinâmica**. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, 1977.

XAVIER, Renata Azevedo et al. Eco-hidrologia integrada ao manejo dos recursos hídricos em áreas úmidas: caso do Banhado do Taim, RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 187-197, 2019.