ZONEAMENTO AMBIENTAL PRODUTIVO DO CONJUNTO DE SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MONUMENTO NATURAL ESTADUAL SERRA DA PIEDADE E DE SEU ENTORNO

ZAP Serra da Piedade

Belo Horizonte

Setembro, 2019

Governo do Estado de Minas Gerais
Romeu Zema Neto

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD
Germano Luiz Gomes Vieira

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA
Ana Maria Soares Valentini

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER
Gustavo Laterza de Deus

Arquidiocese de Belo Horizonte
Agência de Desenvolvimento Regional Integrado - ADERI PUC MINAS
Dom Walmor Oliveira de Azevedo
Dom Joaquim Giovani Mol Guimarães – Reitor da PUC Minas
Prof. Miguel Ângelo Andrade – Coordenador da ADERI

EQUIPE TÉCNICA:

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD
Gabriela Cristina Barbosa Brito
Gustavo Henrique Medeiros Resende

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA
Guilherme de Oliveira Leão
Amanda Bianchi da Silva Gonçalves

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER
Ana Cláudia Albanez
Felipe Fonseca de Oliveira
Thales Rodrigo do Carmo Pinto
Maurício Roberto Fernandes
Vinícius Rabello (Estagiário)

Agência de Desenvolvimento Regional Integrado - ADERI PUC MINAS
Prof. Miguel Ângelo Andrade

APOIO TÉCNICO:
André Portugal Santana (IEF)
Thiago Mansur (ADERI – Consultor do Plano de Manejo MONAESP)
André Rocha Franco (ADERI)

COLABORAÇÃO:
Santuário Basílica Nossa Senhora da Piedade (Arquidiocese de Belo Horizonte)
Subcomitês Poderoso Vermelho, Rio Taquaraçu e dos Ribeirões Caeté-Sabará da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas
Monumento Natural Estadual Serra da Piedade - MONAESP
Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas protegidas no maciço da Serra da Piedade. 10
Figura 2 - Mapa de delimitação do ZAP Serra da Piedade. 12
Figura 3 - Mapa de área declarada como conflito de recursos hídricos na sub-bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito do ZAP Serra da Piedade. 13
Figura 4 - Mapa de correção da hidrografia da área de abrangência do ZAP Serra da Piedade. 15
Figura 5 - Mapa hipsométrico do ZAP Serra da Piedade. 17
Figura 6 - Exemplo da visualização 3D com representação das curvas de nível. 18
Figura 7 - Mapa geológico do ZAP Serra da Piedade. 19
Figura 8 - Mapa pedológico do ZAP Serra da Piedade. 19
Figura 9 - Mapa de Unidades de Paisagem do ZAP Serra da Piedade. 20
Figura 10 - Mapa dos usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes do ZAP Serra da Piedade. 27
Figura 11 - Mapa dos trechos dos cursos d'água com demanda hídrica do ZAP Serra da Piedade..... 28
Figura 12 - Mapa de classificação dos trechos dos cursos d'água do ZAP Serra da Piedade de acordo com a situação da disponibilidade hídrica. 31
Figura 13 - Mapa de viabilidade de regularização de vazão dos trechos dos cursos d'água do ZAP Serra da Piedade com indisponibilidade hídrica. 33
Figura 14 - Mapa dos usuários de água (tipo subterrânea) com processos vigentes do ZAP Serra da Piedade. 36
Figura 15 - Concentração de Usuários de Água Vigentes no ZAP Serra da Piedade. 37
Figura 16 - Mapa da imagem do satélite Sentinel-2 recortada para o ZAP Serra da Piedade..... 39
Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo do ZAP Serra da Piedade. 41
Figura 18 - Vegetação no entorno do MONAESP. 42
Figura 19 - Cultura de hortaliças na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Ribeiro Bonito. 43
Figura 20 - Barragem Minerária da empresa AngoGold Ashanti. 44
Figura 21 - Mapa da rede hidrográfica e corpos d'água do ZAP Serra da Piedade. 45
Figura 22 - Mapa das áreas de preservação permanente hídricas do ZAP Serra da Piedade. 47
Figura 23 - Mapa das áreas conservadas e antropizadas do ZAP Serra da Piedade. 49
Figura 24 - Mapa das áreas de preservação permanente hídricas conservadas e antropizadas do ZAP Serra da Piedade. 52
Figura 25 - Mapa de concentração de nascentes do ZAP Serra da Piedade. 55
Figura 26 - Conflito entre Unidades de Paisagem e Ocupação do Solo. 57
Figura 27 – Cobertura Vegetal em Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso. 63

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Legislações relativas à proteção do território no qual está inserida a Serra da Piedade..... 10
Tabela 2 - Resumo dos dados de disponibilidade hídrica das sub-bacia hidrográficas do ZAP Serra da Piedade. 34

Quadro 1 - Caracterização das Unidades de Paisagem do ZAP Serra da Piedade..... 22
Quadro 2 - Especificações técnicas das bandas escolhidas para a imagem Sentinel-2. 40
Quadro 3 - Dados do uso e ocupação do ZAP Serra da Piedade. 42
Quadro 4 - Relação de área conservada e antropizada nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade. 50
Quadro 5 - Relação de área de preservação permanente hídrica conservada e antropizada nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade. 53
Quadro 6 - Relação de concentração de nascentes por sub-bacias do ZAP Serra da Piedade. 54
Quadro 7 - Análise de conflito entre Unidades de Paisagem e Uso e Ocupação do Solo do ZAP Serra da Piedade. 58
Quadro 8 - Áreas de uso conflitante para cada Unidade de Paisagem nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade. 60
Quadro 9 - Relação de cobertura vegetal em colinas de topo alongado e cristas/afloramento rochoso por sub-bacias do ZAP Serra da Piedade. 64
Quadro 10 - Resumo dos índices utilizados para o ZAP Serra da Piedade..... 64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7

2. ÁREA DE ESTUDO 8

3. UNIDADES DE PAISAGEM 16

4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA 25

5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 38

5.1 Áreas de Preservação Permanente Hídricas 46

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS 48

6.1 Áreas conservadas e antropizadas 48

6.2 Áreas de preservação permanente hídricas conservadas e antropizadas 51

6.3 Concentração de nascentes 54

6.4 Conflito entre Unidades de Paisagem e Uso e Ocupação do Solo 56

6.5 Cobertura Vegetal em Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso 62

6.6 Resumo dos Índices 64

7. REFERÊNCIAS 65

1. INTRODUÇÃO

A metodologia de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP foi desenvolvida pelas Secretarias de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA em parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER/MG e aprovada em 2014, por meio do Decreto Estadual 46.650.

O ZAP objetiva orientar o planejamento do uso conservacionista dos recursos naturais, permitindo uma avaliação preliminar do potencial de adequação de uma sub-bacia hidrográfica. Consiste em realizar um diagnóstico sobre os meios físico e socioambiental, relacionando o uso e ocupação do solo, a disponibilidade hídrica e a paisagem, de forma a gerar indicadores e informações para subsidiar planos, programas e projetos de adequação na sub-bacia hidrográfica (SEMAD/SEAPA, 2016).

A Serra da Piedade constitui patrimônio natural, religioso e histórico de Minas Gerais e está localizada no ponto extremo nordeste da unidade geomorfológica do Quadrilátero Ferrífero (QF), a nordeste do alinhamento montanhoso da Serra do Curral, no centro do Estado.

O grupo de trabalho criado por meio da Resolução Conjunta SEMAD/IEF/FEAM/IGAM nº 2.634/2018 identificou o ZAP como ferramenta de diagnóstico para a elaboração de arranjos produtivos para a região da Serra da Piedade, fortalecendo as vocações cultural, histórico-paisagística, natural e rural da região. Dessa forma, foi celebrado em março de 2019 um Acordo de Cooperação Técnica - ACT entre SEMAD, SEAPA, EMATER e Arquidiocese de Belo Horizonte, por meio da Agência de Desenvolvimento Regional Integrado - ADERI - PUC Minas, para realização do "**ZAP Serra da Piedade"**, que abrange o conjunto de sub-bacias hidrográficas do Monumento Natural Estadual Serra da Piedade (MONAESP) e de seu entorno, possibilitando a elaboração do estudo pelos órgãos públicos e agência citados.

Diante do exposto, este documento visa apresentar os principais resultados da aplicação da metodologia ZAP no conjunto de sub-bacias hidrográficas do MONAESP e de seu entorno, de forma a complementar as informações disponibilizadas no Sistema de Informações Geográficas – SIG, compondo ambos os produtos desse estudo, conforme preconiza o capítulo 3 da "*Metodologia oficial para elaboração do ZAP*" (SEMAD/SEAPA, 2016).

2. ÁREA DE ESTUDO

A história da Serra da Piedade confunde-se com a ocupação de Minas Gerais e sua forma e altimetria a mantiveram como referência espacial para os primeiros exploradores do território, sendo um monumento natural de destaque na paisagem mineira. A então Serra do Sabarabuçu chamou a atenção dos primeiros aventureiros em função da sua reflectância da luz solar sobre sua peculiar geologia, o que a remeteu, do ponto de vista imaginário, às lendas do Potosí. Coube a Lourenço Caetano Taques a sua menção, conforme consta na Carta Régia de 23 de março de 1664 (IEPHA, 2005).

Nas imediações do alinhamento geomorfológico foram encontradas ricas jazidas de ouro que atraíram povoadores de toda parte. Já em 1708 registra-se o primeiro conflito de interesses sobre as riquezas regionais: a Guerra dos Emboabas. Relatos de aparições no topo da elevação e de um milagre levaram a construção do primeiro templo católico (IEPHA, 2005). Em 1770 termina a construção da ermida em homenagem a Nossa Senhora da Piedade, hoje a Basílica do Santuário Basílica Nossa Senhora da Piedade. Local da Padroeira do Estado de Minas Gerais, o Santuário promove, há 252 anos, diversas atividades religiosas, de conservação dos patrimônios paisagísticos culturais e naturais, e atividades educativas (patrimonial e ambiental), de pesquisa e religiosas.

No Século XIX exploradores europeus, em seus périplos pelo interior do Brasil, visitaram a Serra e relatam a sua riqueza paisagística e biológica. Segundo Lage (2011), encontram-se entre os visitantes: Spix, Martius, Eschwege, Sainte-Hilaire, Eugene Warming e Richard Burton. À exploração aurífera seguiram-se a de tantos outros metais e há mais de 250 anos o QF constitui uma das províncias minerais mais exploradas do mundo. Esta riqueza é garantida por sua geologia complexa e sua longa história geológica.

Os patrimônios materiais e imateriais da Serra da Piedade fazem deste lugar, único no mundo. São territórios dentro de outro território ainda maior, configurando um caleidoscópio de rara perfeição, com ativos e potenciais que são janelas e vitrines de oportunidades e que atraem os desafios de conciliar o desenvolvimento com a proteção. Seus títulos são muitos e, assim, trata-se de um local que reflete a cultura brasileira, nas mais diversas manifestações. E mais, a Serra tem, em seus limites, aspectos endêmicos, únicos, em diversas escalas e de reconhecimento internacional e nacional, tal como:

- Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, reconhecida pela UNESCO;

- Monumento Natural Estadual;
- Patrimônio Tombado como:
    - Conjunto arquitetônico e paisagístico pelo IPHAN,
    - Conjunto paisagístico pelo IEPHA,
    - Atrativo Turístico de Especial Relevância pelo Governo de Minas Gerais;
- Área de Proteção Ambiental das Águas da Piedade;
- Caminho Religioso da Estrada Real; Basílica Ermida da Padroeira de Minas Gerais – Nossa Senhora da Piedade e da Basílica Estadual Nossa Senhora da Piedade – Padroeira de Minas Gerais;
- Dentre outros títulos e reconhecimentos (Plano Integrado de Desenvolvimento do Santuário Basílica Nossa Senhora da Piedade, 2018).

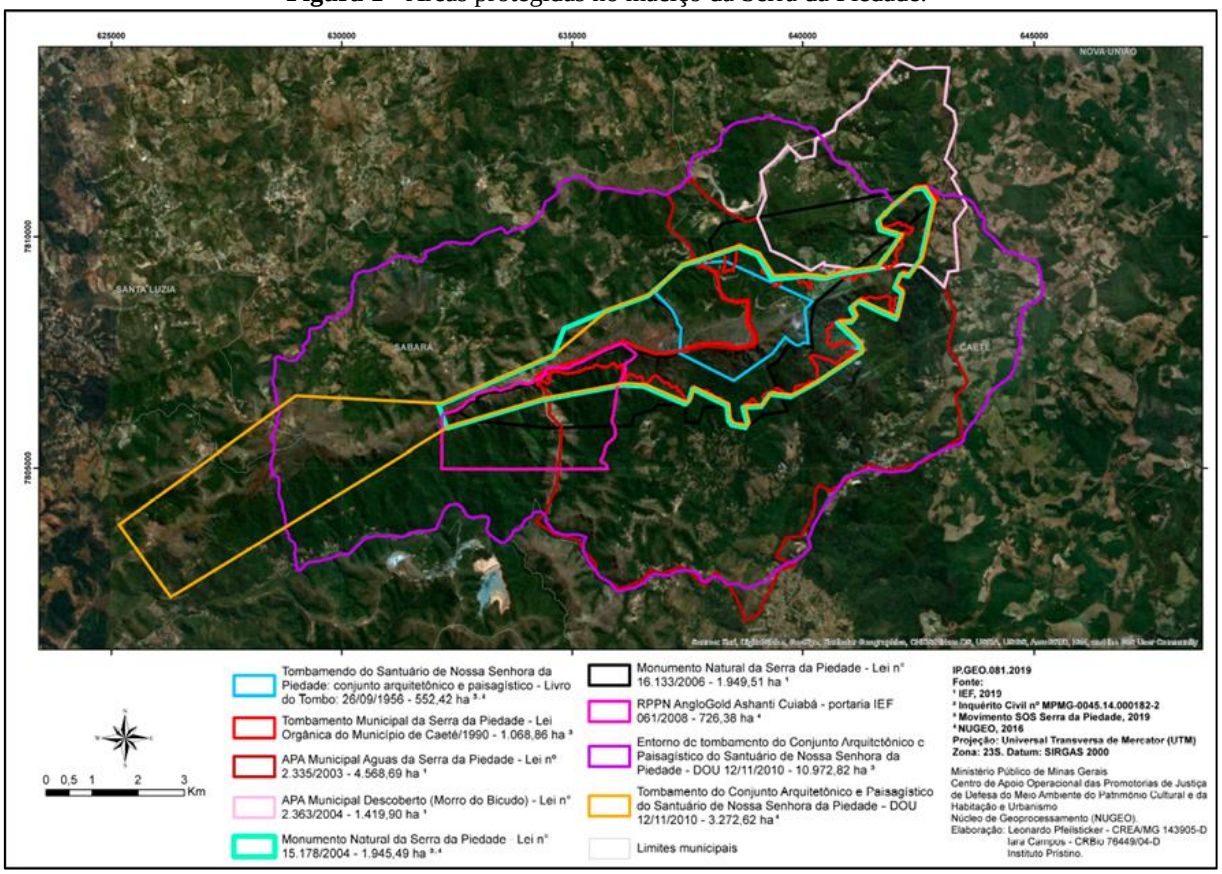
Os diferentes atributos criados pela natureza ou pelo homem sobrepõem-se para definir a importância geológico-geomorfológica, botânica, histórica e cultural da Serra da Piedade. Suas características criaram uma paisagem original que a definiram como patrimônio brasileiro e subsidiaram a criação dos diversos territórios para sua proteção. O MONAESP foi criado pela Constituição do Estado de Minas Gerais e seus limites estabelecidos pela Lei nº 15178/2004 (e redefinidos pela Lei n°16.133/2006). O Monumento está protegido por tombamentos federal, estadual e municipal (Figura 1 e Tabela 1), que assumem diferentes limites e superposições territoriais, que, de toda forma, incluem o Santuário de Nossa Senhora da Piedade, situado no alto da elevação que leva seu nome.

A área de estudo do ZAP Serra da Piedade (Figura 2) envolve os municípios de Barão de Cocais, Caeté, Nova União, Sabará, Santa Luzia e Taquaraçu de Minas, totalizando aproximadamente 37.358 hectares. É composta pelo conjunto de sub-bacias hidrográficas do Alto e Médio Ribeirão do Peixe (5.151,9 ha), Alto e Médio Ribeirão Sabará (9.703,2 ha), Alto Ribeirão Vermelho (8.034,3 ha), Córrego do Engenho Velho (4.418,4 ha) e Ribeirão Ribeiro Bonito (10.450,7 ha). Todas as sub-bacias hidrográficas citadas tem como desague final o Rio das Velhas e se encontram na área de abrangência dos Subcomitês Poderoso Vermelho, do Rio Taquaraçu e dos Ribeirões Caeté-Sabará da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.

Esse recorte de sub-bacias hidrográficas foi escolhido e delimitado, considerando o disposto no documento "*Metodologia oficial para elaboração do ZAP*" - cap. 2.1 (SEMAD/SEAPA, 2016), no que se refere ao tamanho médio da área de estudo e ao método de delimitação, conforme

base de ottobacias hidrográficas do estado de Minas Gerais (IGAM, 2012). Foram consideradas todas as sub-bacias hidrográficas que possuem nascentes na área do MONAESP.

Figura 1 - Áreas protegidas no maciço da Serra da Piedade.



Fonte: Ministério Público de Minas Gerais – MPMG, 2019.

Tabela 1 - Legislações relativas à proteção do território no qual está inserida a Serra da Piedade.

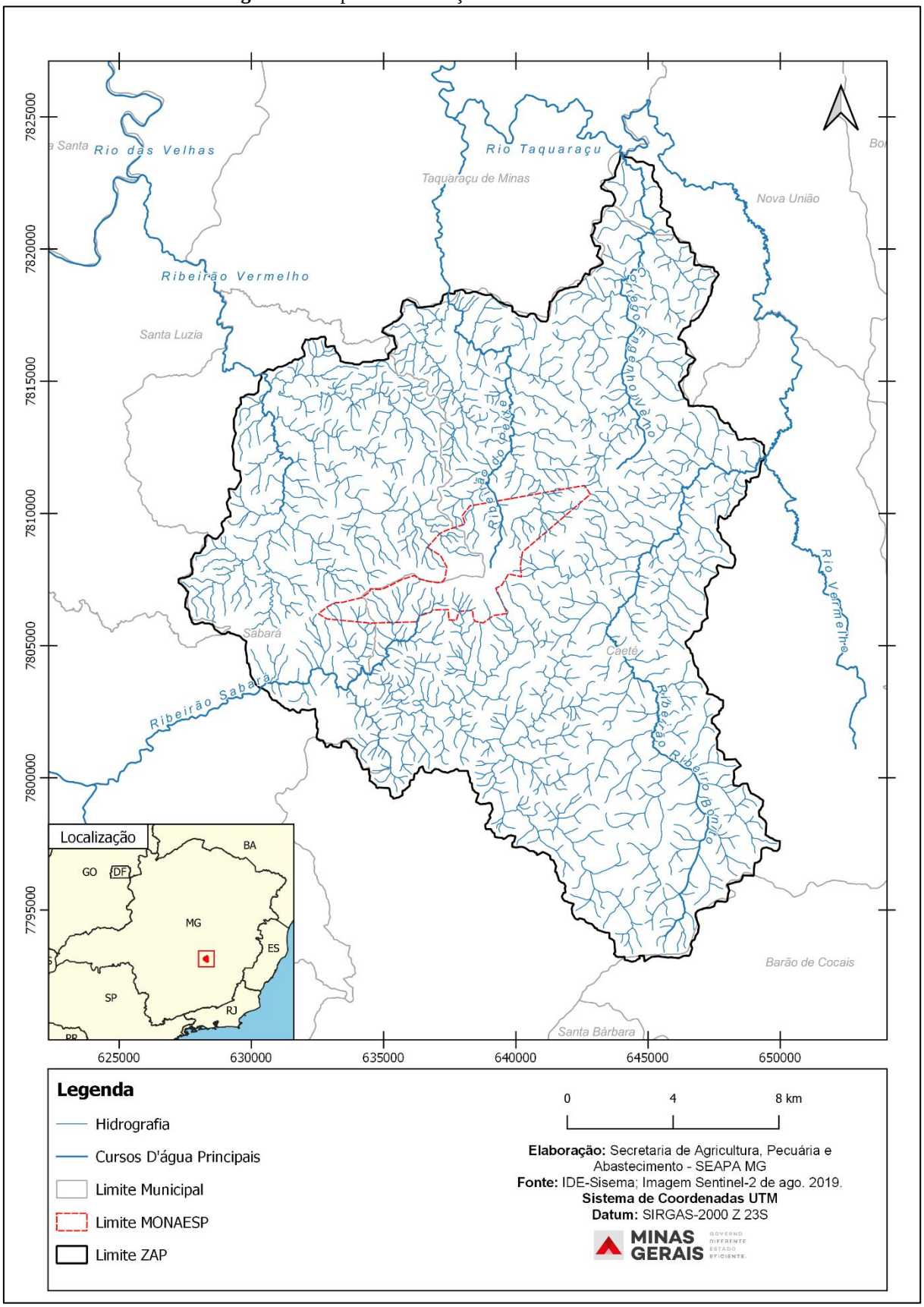
DATA	NORMAS	OBJETIVO
26.09.1956	Tombamento voluntário do Conjunto Arquitetônico e Paisagístico do Santuário de Nossa Senhora da Piedade	Tombamento do **Conjunto Histórico e Paisagístico da Serra da Piedade**, nos municípios de Caeté e Sabará, com inscrição nos Livros do Tombo Histórico e Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, conforme poligonal aprovada pelo Conselho Consultivo do Iphan em 9.12.2010
	Decreto 46.013, de 31.7.2012, que declara Atrativo Turístico de Especial Relevância em Minas Gerais o Conjunto Paisagístico, Artístico e Cultural do Santuário de Nossa Senhora da Piedade	
21.09.1989	Constituição/Minas Gerais (CEMG), ADCT, art. 84	Declara o tombamento e cria o **MONUMENTO NATURAL DA SERRA DA PIEDADE**, obrigando o Estado a demarcá-lo, por lei, em 360 dias
14.08.1990	Lei Orgânica/Caeté, art. 202, I	Declara **tombado** para fim de preservação e declara **monumento natural, paisagístico e histórico** o conjunto cultural arquitetônico, paisagístico e natural da **Serra da Piedade**, a partir da cota de 1200m até o cume, dentro dos limites do município – Governo Federal (Iphan)

DATA	NORMAS	OBJETIVO
09.12.2002	Lei Municipal de Caeté 2.308	Cria a **Área de Proteção Ambiental (APA) Ribeiro Bonito** (**NÃO ESTÁ GEORREFERENCIADA**)
01.09.2003	Lei Municipal de Caeté 2.335	Cria a **APA Águas Serra da Piedade**
15.03.2004	Lei Municipal de Caeté 2.363	Cria a **APA Descoberto (Morro do Bicudo)**
16.06.2004	Lei Estadual 15.178	Define os **limites da Unidade de Conservação (UC) da Serra da Piedade**, na categoria **Monumento Natural (MONAESP)** conforme o art. 84, §1º, do ADCT/CEMG;
		- Autoriza a inscrição, pelo Iepha, da Serra da Piedade, conforme os limites que a lei especifica, no Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico (cf. Lei 5.775/1971, art. 4º, e Decreto 14.374/l972, art. 4º, I).
22.08.2002	Decreto Nº 4.340, de 22 de agosto de 2002	Estabelece aspectos relacionados aos objetivos básicos das Reservas da Biosfera no Brasil.
26.05.2006	Lei Estadual 16.133 (altera a Lei 15.178)	Autoriza o Poder Executivo a doar ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Pomba (Cefet/RP) o imóvel que especifica e altera a Lei 15.178/2004, que define os limites de conservação da serra da Piedade
25.08.2014	Título de reconhecimento (+Portaria IEF 181, de 12-12-2007, alterada pela Portaria 061, de 9.4.2008.	Constitui a **Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) AngloGold Ashanti - Cuiabá**
28.12.2018	Portaria 473/2018	Reconhece o Mosaico de Unidades de Conservação Federal da Serra do Espinhaço - Quadrilátero Ferrífero

Fonte: Plano de Manejo do MONAESP, 2019, não publicado.

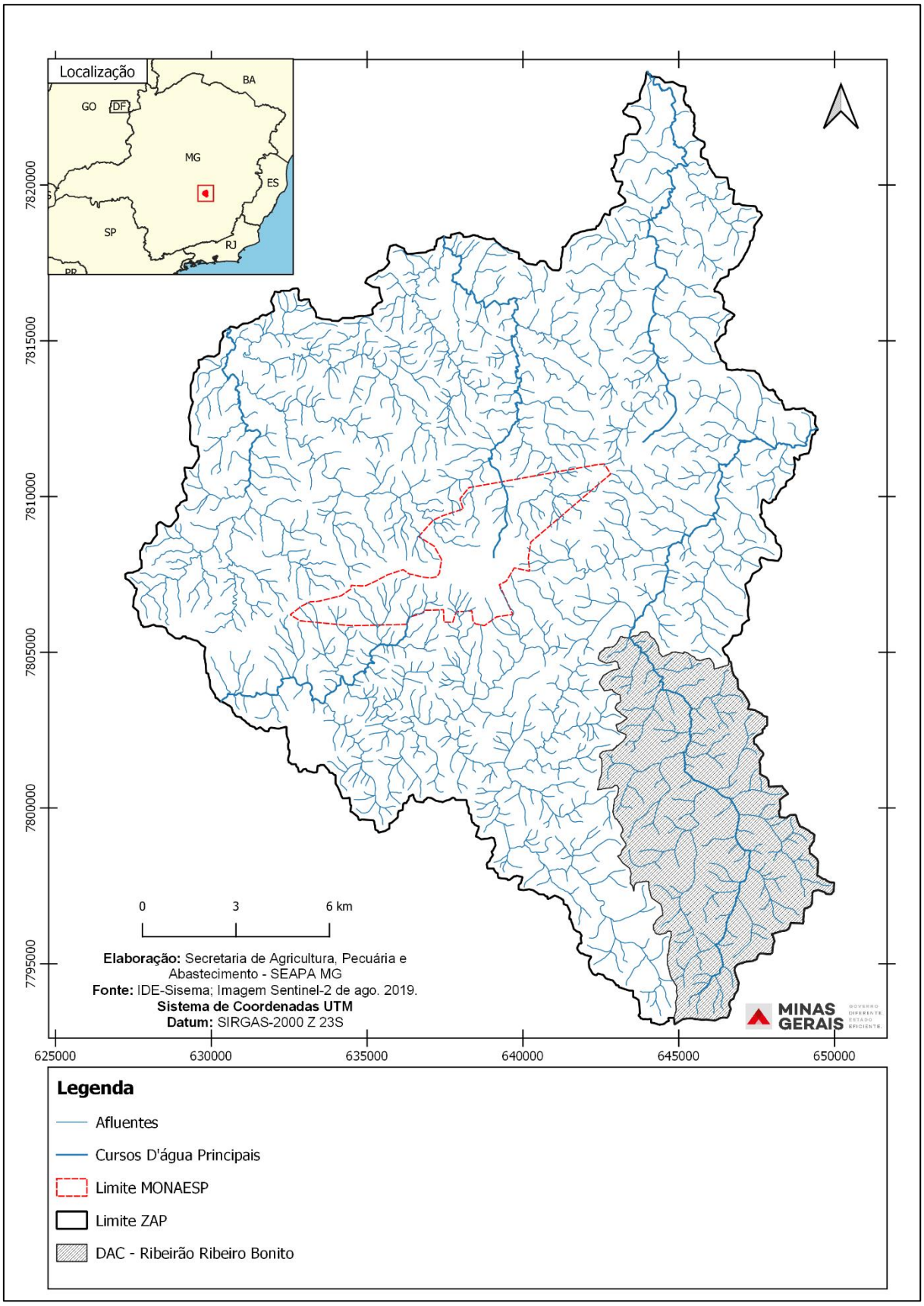
Cabe destacar que, na área delimitada existe uma Declaração de Área de Conflito - DAC do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) por meio da Portaria nº 005 de 2007 (e convalidada em 2017) que abrange a parte alta da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Ribeiro Bonito, com cerca de 5.600 hectares, conforme a figura 3.

Figura 2 - Mapa de delimitação do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: Os autores, 2019.

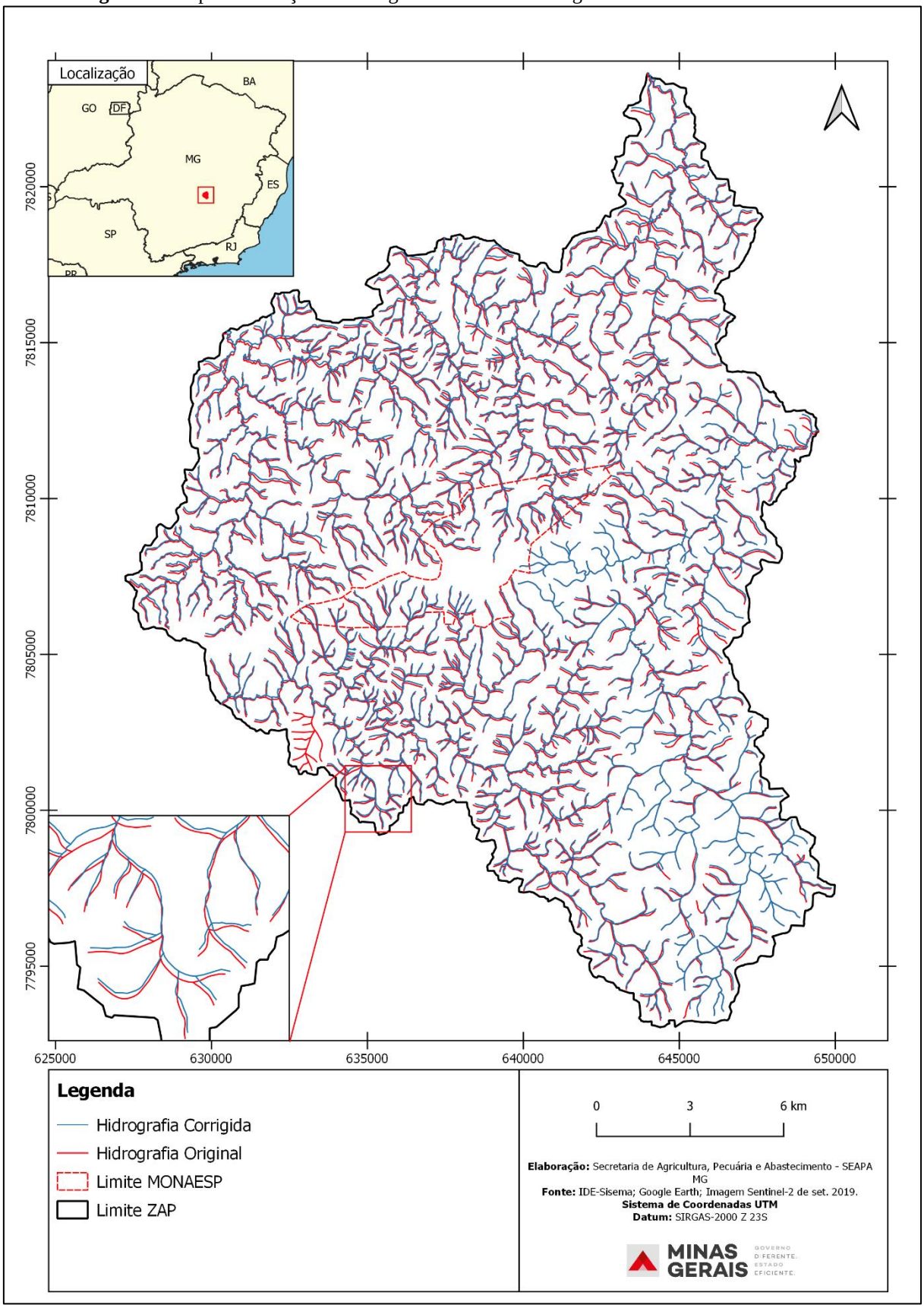
Figura 3 - Mapa de área declarada como conflito de recursos hídricos na sub-bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: Os autores, 2019.

De acordo com o solicitado na “metodologia ZAP oficial”, foram realizados ajustes e correção na rede hidrográfica da área de estudo, uma vez que a escala, na qual a hidrografia original (Base ottocodificada – IGAM 2012) foi vetorizada, difere daquela necessária para esse estudo. Esse procedimento é essencial para o mapeamento correto das Áreas de Preservação Permanente – AAPs hídricas que foi realizado no capítulo 5 – Uso e Ocupação do solo desse documento, utilizando como auxílio a imagem do Google Earth. A partir da correção, foram adicionados cerca de 250 trechos e alguns foram removidos, principalmente aqueles incluídos em áreas urbanizadas e mineradas. O resultado pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Mapa de correção da hidrografia da área de abrangência do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA, 2019.

3. UNIDADES DE PAISAGEM

A metodologia adotada para a definição das Unidades de Paisagem - UP foi a indicada pelo documento "*Metodologia oficial para elaboração do ZAP*" - cap. 2.2 (SEMAD/SEAPA, 2016), a qual foi baseada no método desenvolvido por Fernandes (2013), que "consiste na integração e no estabelecimento de correlações entre as seguintes variáveis ambientais: geologia, relevo e solo".

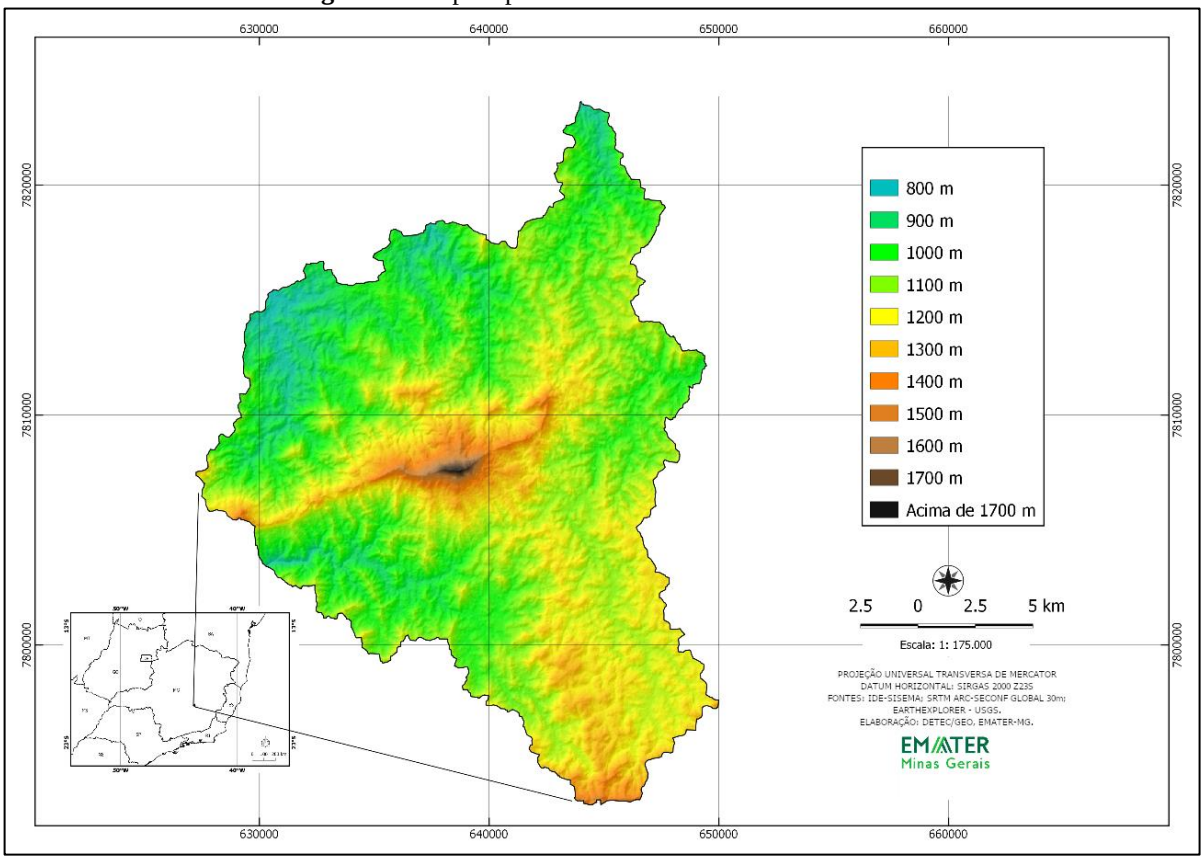
Segundo SEMAD/SEAPA (2016), a adoção da Teoria da Paisagem possibilita determinar as potencialidades, limitações e aptidões de cada tipo de unidade para usos e ocupações múltiplos. Parte-se do princípio de que o meio físico condiciona as diversas modalidades de usos e ocupações dentro dos paradigmas da sustentabilidade e das possibilidades de intervenções para prevenção, mitigação e correção de problemas ambientais, decorrentes da inobservância da capacidade de uso específica de cada unidade.

Deste modo, as Unidades de Paisagem do ZAP Serra da Piedade foram determinadas e caracterizadas conforme as seguintes etapas:

1. Elaboração dos mapas preliminares de compartimentalização das UPs por meio de imagens de satélite e de informações de geologia, solo e elevação da área de estudo;
2. Verificação das UPs em campo, por meio de registro fotográfico e georreferenciamento, considerando as correlações com materiais geológicos e pedológicos;
3. Apresentação do mapa prelimitar de UP em reunião pública com os atores estratégicos para ajustes e consolidação;
4. Elaboração do mapa final de delimitação das UPs;
5. Caracterização de cada UP, contendo, descrição, área ocupada, limitações e aptidões para fins múltiplos;

Para a realização da primeira etapa, citada acima, foi utilizada a imagem de Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM de 30 metros, obtida pelo site Earth Explorer, a qual possibilitou o desenvolvimento do mapa hipsométrico do ZAP Serra da Piedade (Figura 5).

Figura 5 - Mapa hipsométrico do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: EMATER-MG, 2019.

Também foram utilizadas para refinamento e auxílio as imagens do Google Earth nas datas de 09/09/2018 nas porções sul, central e leste. No segmento nordeste e noroeste as datas são de 07/07/2019, onde se localiza maior parte da área de estudo, com precisão de 0,5 a 1 metro. Além disso, foi utilizado o modo “exagero vertical - 3” no software Google Earth Pro, que se baseia na topografia do terreno modelado em 3D juntamente à representação de curvas de nível com espaçamento de 20 metros, de modo a facilitar o mapeamento das feições, conforme exemplo na Figura 6.

Para embasamento e cruzamento com as informações de geologia e solo, foram considerados os mapas geológico e pedológico da área de estudo, conforme as Figuras 7 e 8.

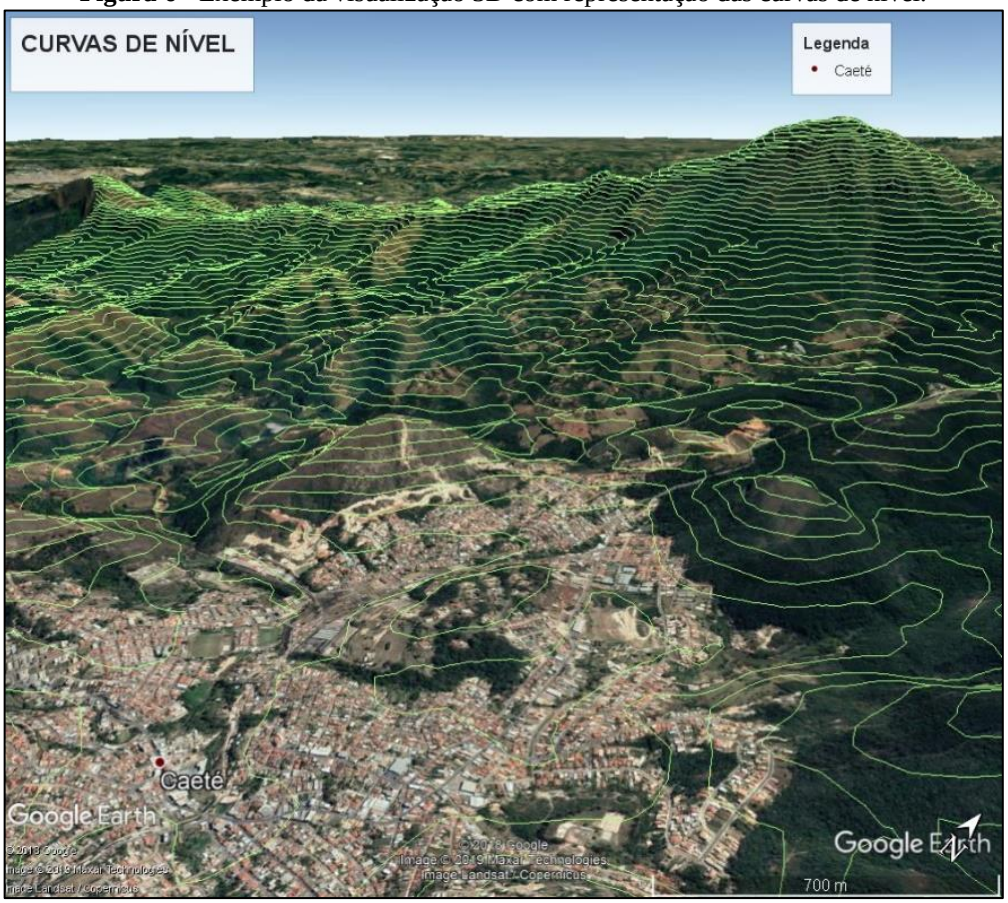
A verificação das UPs em campo foi traduzida em um Relatório de Campo (Anexo I), contendo as visitas e os trajetos realizados na área de estudo e os tipos de UP com os registos fotográficos e os respectivos pontos de identificação.

Posteriormente, com a consolidação dos dados de campo àqueles obtidos na etapa 1, foi elaborado o mapa preliminar de UPs do ZAP Serra da Piedade que foi apresentado em reunião

pública com os atores estratégicos para ajustes e consolidação, conforme descrito na etapa 3. O detalhamento e resultados da reunião pública consta no relatório apresentado no Anexo II.

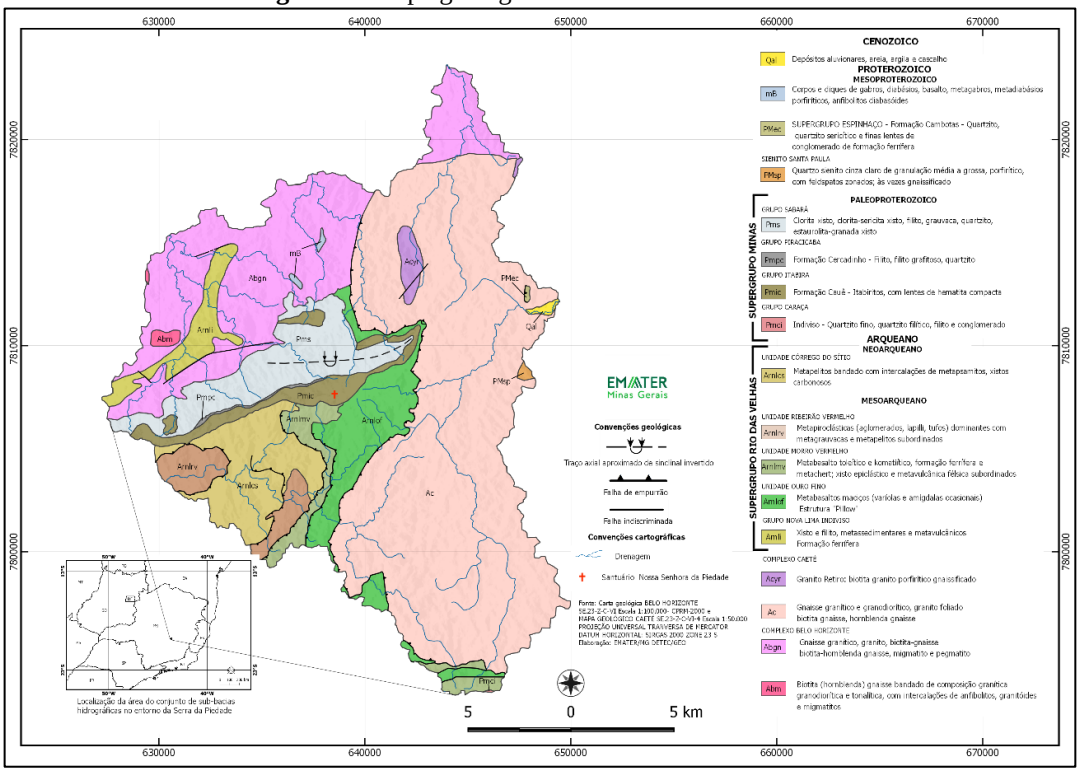
Embora a discussão com os atores estratégicos tenha trazido importantes contribuições para esse trabalho, não foram apontadas necessidades de alterações no mapa preliminar de UPs após a reunião pública, se concretizando esse como o mapa final de UPs do ZAP Serra da Piedade (Figura 9).

Figura 6 - Exemplo da visualização 3D com representação das curvas de nível.



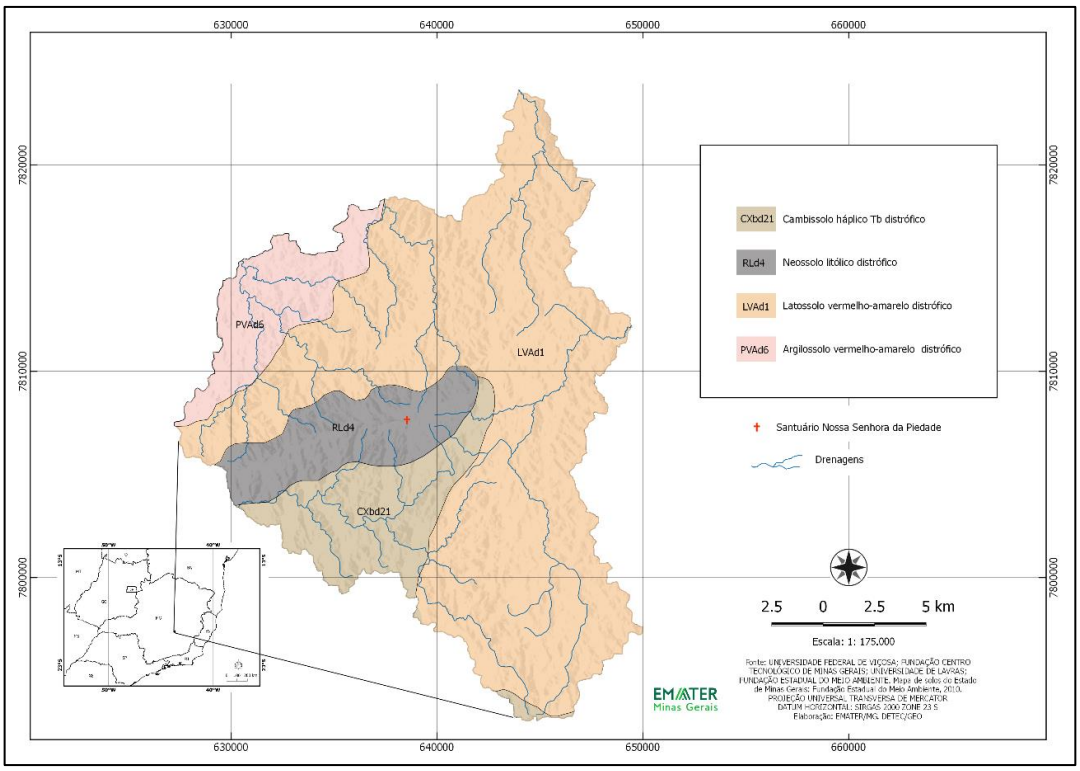
Fonte: EMATER-MG, 2019.

Figura 7 - Mapa geológico do ZAP Serra da Piedade.



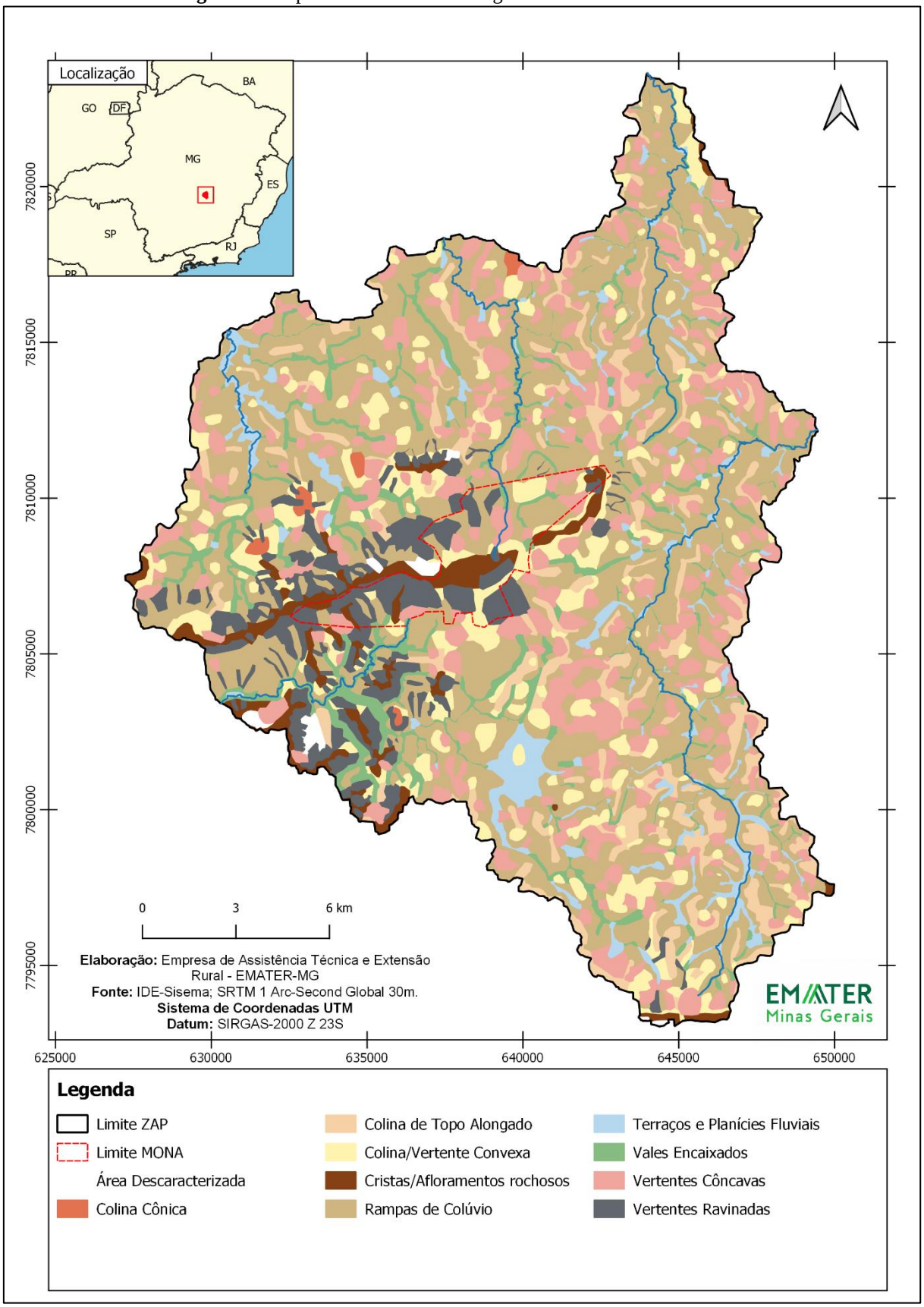
Fonte: EMATER-MG, 2019.

Figura 8 - Mapa pedológico do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: EMATER-MG, 2019.

Figura 9 - Mapa de Unidades de Paisagem do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: EMATER-MG, 2019.

Conforme apresentado na figura 9, as UPs do ZAP Serra da Piedade foram caracterizadas em 9 (nove) classes: Rampas de Colúvio, Vertentes Côncavas, Colinas/Vertentes Convexas, Colinas de Topos Alongados, Vales Encaixados, Vertentes Ravinadas, Terraços e Planícies Fluviais, Cristas/Afloramentos rochosos e Colinas Cônicas. O quadro 1 apresenta a caracterização de cada UP, considerando sua descrição, representatividade na área de estudo, aptidões e limitações.

Dentre as unidades, observa-se o predomínio das Rampas de Colúvio (37%), Vertentes Côncavas (17,5%) e Colinas /Vertentes Convexas (11,2%) de forma dispersa por todo território. As Colinas de Topo Alongado (9,6%) surgem em áreas um pouco mais afastadas das Serras, porém igualmente dispersas. Os Vales Encaixados (7,6%) se revezam com os Terraços/Planícies Fluviais (5,5%) ao longo das áreas mais baixas da rede de drenagem, com predomínio dos Vales Encaixados em áreas mais estreitas e dos Terraços/Planícies em áreas mais planas. As Vertentes Ravinadas (7,1%) tendem a acompanhar as Serras, Colinas /Vertentes Convexas e Colinas Cônicas. As Cristas/Afloramentos rochosos (3,4%) formam a parte superior das áreas mais elevadas em uma sequência ondulada, sendo identificadas no maciço central da área de estudo, bem como no sudoeste, extremo sul e extremo nordeste. As Colinas Cônicas (0,4%) apresentam-se de forma pontual próximas as áreas de Serras. As feições classificadas como “descaracterizadas” (0,5%) referem-se às áreas mineradas cuja paisagem foi modificada pelos processos inerentes.

Ressalta-se, que as feições paisagísticas observadas se correlacionam com os respectivos embasamentos geológicos. Além disso, os padrões de drenagem são, conforme esperado, de conformação dendrítica no domínio das rochas cristalinas e retilíneos e radiais nos entornos da Serra.

Observando-se o mapa de Unidades de Paisagens (Figura 9), nota-se certa homogeneidade no maciço da Serra e uma intensa variação no domínio de rochas cristalinas nos municípios de entorno, apresentando um mosaico de unidades distribuído na área em estudo com relevo movimentado, limitando atividades agropecuárias de ciclo anual. O relevo favorece atividades olerícolas apenas nas planícies e terraços fluviais. Entretanto, fruticultura arbórea tais como citricultura e bananicultura podem ser cultivadas em rampas coluviais e em vertentes convexas desde que sejam aplicadas medidas de controle de processos erosivos secionadoras de rampas. O maciço da Serra da Piedade se reveste de importância no armazenamento de aquíferos em meio fraturado.

Quadro 1 - Caracterização das Unidades de Paisagem do ZAP Serra da Piedade.

Unidades de Paisagem	Área (ha)	Representa-tividade (%)	Descrição	Aptidões	Limitações
Rampa de Colúvio	13823,3	37%	São vertentes retilíneas em declive, áreas de deslocamento. Relevo suavemente ondulado, parte intermediária de uma meia encosta. São constituídas por Latossolos, solos profundos de alta permeabilidade.	Culturas anuais, pastagens, silvicultura, fruticultura e capineiras sob sistemas de controle de erosão.	Comprimento da rampa e favorecimento de processos de erosão laminar. Quando argilosos, são suscetíveis à compactação por pressão de máquinas e pisoteio de animais. Para minimização destes, deve ser implantada uma gestão de controle de erosão através de sistemas de secionamento das rampas – terraceamento, faixas vegetativas e plantio em contorno.
Vertente Côncava	6531,5	17.5%	São áreas de concentração de águas pluviais e nutrientes. Estas unidades são conhecidas como grotas ou ravinas. Parte intermediária do relevo, meia encosta em relevo ondulado ou suave ondulado.	Áreas com boas condições de umidade do solo, solos de média fertilidade. Podem ser utilizados com capineiras e pastagens, desde que manejados corretamente.	Áreas de preservação permanente e proteção de nascentes.
Colina/Vertente Convexa	4200,1	11.2%	A conformação convexa das vertentes condiciona escoamento superficial das águas pluviais. Os solos que ocorrem nestas unidades são predominantemente os Latossolos tanto nos topos alongados quanto nas vertentes convexas. A ocorrência de terracetes testemunha	Culturas permanentes	Baixa fertilidade e acidez elevada, comprimento da vertente em declive e suscetibilidade a processos de erosão hídrica laminar

			processos de rastreamento de solos para formação de rampas.		
Colina de Topo Alongado	3597,3	9.6%	Distribuem-se nas encostas superiores da paisagem, apresentam certa convexidade comumente associada a vertentes côncavas e convexas. Ocupam os topos de morro. Cotas superiores das colinas.	Relevo suave nos topos, com solos profundos e permeáveis Constituem áreas de aquíferos freáticos.	Uso limitado pela legislação ambiental nos topos das colinas. Relevo acidentado com predisposição a processos de erosão laminar
Vale Encaixado	2861,1	7.7%	Apresentam talvegue retilíneo podendo abrigar pequenos cursos d'água perenes, temporários ou efêmeros. O fundo do vale não apresenta planície fluvial limitando o uso/ocupação. Devem ser mantidos sob vegetação nativa.	Áreas para preservação permanente e proteção de nascentes	Solos rasos e pedregosos em relevos fortemente acidentados.
Vertente Ravinada	2665,0	7.1%	São constituídas por uma sequência de ravinas apresentando solos pouco desenvolvidos (Cambissolos e Neossolos litólicos) epicascalhentos sob vegetação de campo. São de elevada instabilidade mecânica e devem ser mantidos com vegetação natural. Essa unidade de paisagem também pode ser denominada como rebordos de chapadas. Podem apresentar veredas de encostas em pontos com surgências de aquíferos	Área de preservação permanente	Relevo acidentado, pedregosidade, solos rasos e instáveis.
Terraços e Planícies Fluviais	2055,6	5.5%	São unidades de paisagem que ocupam as cotas mais baixas de uma bacia hidrográfica. As Planícies fluviais possuem relevo plano ao longo dos cursos d'água com declividades inferiores a 3%. Podem estar sujeitas a inundações periódicas. Os terraços são antigas Planícies de inundação	Os solos nestas unidades de paisagem são formados por acumulação de sedimentos. São os Neossolos	Risco frequente de inundação.

			de cursos d'água quando fluíam em níveis de cotas superiores à atual. Em geral, estão associadas às planícies fluviais.	Flúvicos e Gleissolos. Áptos para área de preservação permanente (vegetação ciliar) e cultivos agrícolas.	
Cristas/Afloramentos rochosos	1266,8	3.4%	Afloramentos rochosos com predominância de quartizito associados a rampas arenosas (Neossolos Quatzarênico). Ocorrem inclusões de solos orgânicos. As Cristas são afloramentos rochosos (filito e metargilito)	Níveis de fertilidade variados	Solos rasos pedregosos
Área Descaracterizada	200,0	0.5%	Paisagem fortemente alterada por atividades minerárias.	-	-
Colina Cônica	166,9	0.5%	São feições em forma de pirâmide. Constituída de solos rasos e frágeis.	Afloramento rochoso e relevo acidentado	Beleza Cênica

Fonte: EMATER-MG, 2019.

4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A metodologia utilizada para elaboração do estudo de Disponibilidade Hídrica - DH também foi a indicada pelo documento "Metodologia oficial para elaboração do ZAP" – Capitulo 2.3 (SEMAD/SEAPA, 2016). Os dados utilizados foram extraídos da Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE Sisema e do Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM, quais sejam, base de hidrografia com os dados de regionalização de vazão (IGAM/UFV, 2012) e as informações de outorga e cadastro de uso insignificante, respectivamente.

Assim como os demais produtos desse ZAP, um estudo de Disponibilidade Hídrica, iniciado em outubro 2018, foi apresentado na reunião pública realizada com os atores estratégicos das sub-bacias para ajustes e consolidação, que ocorreu em junho de 2019 (Anexo II). Como houve diversos questionamentos referentes à gestão dos recursos hídricos e o comprometimento desses atores em fomentar o cadastramento dos usos insignificantes na área de abrangência dos Subcomitês Poderoso Vermelho, do Rio Taquaraçu e dos Ribeirões Caeté-Sabará, e, considerando o decurso temporal, foi feita a atualização dos dados dos usuários de água e do estudo de DH em setembro de 2019, que são os constantes neste relatório e na base de dados SIG deste ZAP.

Pôde-se observar um aumento considerável no número de cadastros de uso insignificante do estudo anterior para o atual, possivelmente decorrente das ações de divulgação e fomento dos atores estratégicos sobre a questão na área de abrangência do ZAP Serra da Piedade.

No processamento dos dados dos usuários de água, conforme relatório obtido do SIAM em setembro de 2019, foram selecionados aqueles processos/usuários que atendiam os seguintes requisitos:

- Com os status: "Cadastro Efetivado", "Outorga Deferida, Renovada ou Retificada";
- Vigentes e vencidos 6 (seis) meses antes do início dos trabalhos desse estudo, em outubro 2018, a fim de ponderar processos de renovação ainda sem decisão final;

Nessa seleção também foi considerado um processo de outorga em fase de renovação (04610/2017) que se encontrava com o status "análise técnica concluída", uma vez que a outorga anterior do empreendimento em questão (portaria 2081/2012) não havia sido contemplada pelos filtros citados acima. Foi utilizado o valor de vazão determinado na portaria 2081/2012, em acordo com o processo de renovação em que a vazão demandada continuaria a mesma da referida portaria.

Também foram ajustados e conferidos todas as unidades de medida e os valores de vazão apresentados nas certidões de uso insignificante e nas portarias de outorga, consolidando-os para a unidade m^3/s, mesma unidade utilizada pela vazão de referência $Q_{7,10}$. Posteriormente, os usuários de água selecionados foram plotados em ambiente SIG, considerando a área de estudo do ZAP Serra da Piedade, de forma a possibilitar a análise da disponibilidade hídrica.

A figura 10 apresenta a distribuição dos usuários de água com processos "vigentes' no conjunto de sub-bacias hidrográficas do ZAP Serra da Piedade. Foram identificados:

- 80 processos de cadastro de uso insignificante, sendo 18 do modo de uso "*Captação em Barramento*" e 62 "*Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)*;
- 9 processos de outorga individual, sendo 3 (três) do modo de uso "*Captação em Barramento*", 2 (dois) "*Captação em barramento com regularização de vazão*" e 4 (quatro) "*Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)"*;
- 1 (um) processo de Outorga coletiva com 11 usuários, todos com modo de uso "*Captação em corpo d'água (rios, lagoas naturais, etc.)".*

O processo de outorga coletiva é decorrente da DAC existente na parte alta da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ribeiro Bonito, seguindo o determinado no Decreto nº 47.705/2019 que "Estabelece as normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais".

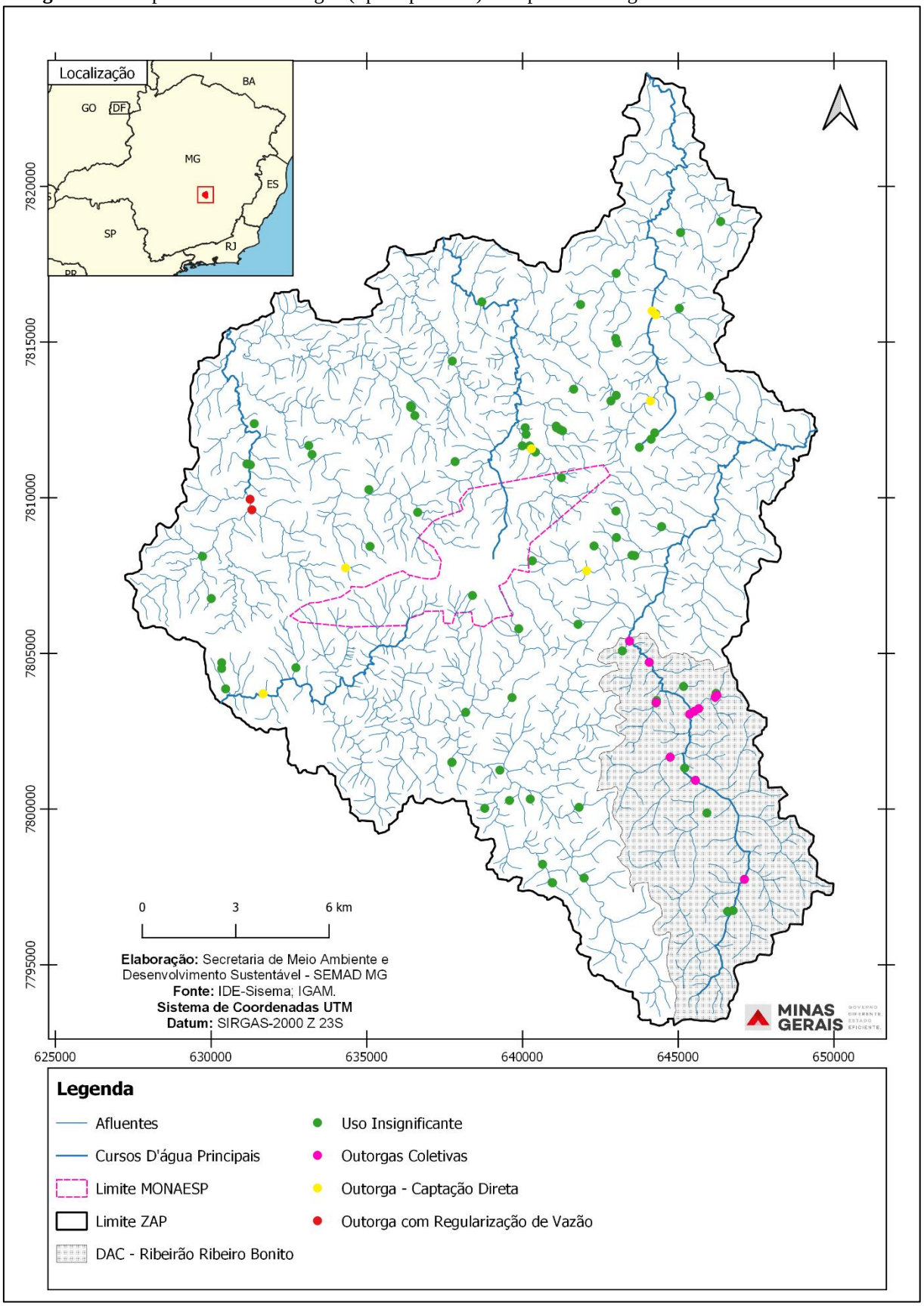
Destaca-se que, foi necessário o ajuste na localização de um usuário da outorga coletiva (Sr. Milton Fernandes Nunes) após conversa com a analista do processo, realocando o ponto apresentado na portaria da outorga (20393/2015) para o ponto mais próximo da propriedade em relação ao córrego amarelo. Segundo a analista, a portaria está em processo de retificação.

As principais finalidades de uso da água para os usuários de uso insignificante são consumo humano, dessedentação de animais e irrigação. Já para os usuários das outorgas individuais as atividades se concentram em abastecimento público, mineração e obras de engenharia. Na outorga coletiva se destaca o uso para irrigação e o abastecimento público do SAAE Caeté.

O detalhamento das principais informações de cada usuário de água considerado no ZAP Serra da Piedade pode ser visto no anexo III deste documento.

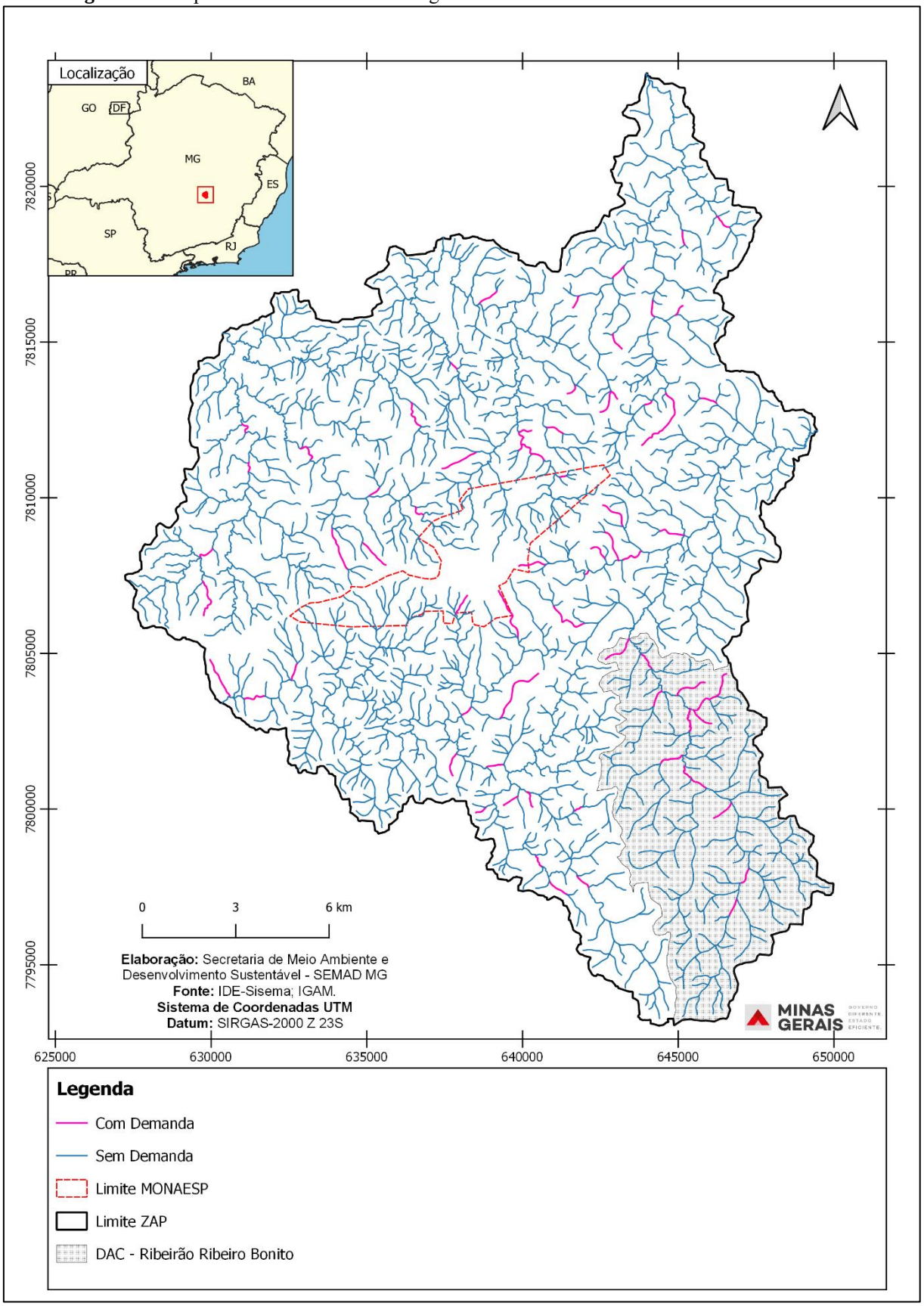
Dos 2100 trechos da hidrografia ottocodificada (IGAM/UFV, 2012) mapeados no conjunto de sub-bacias hidrográficas da área de estudo, 76 possuem usuários com demanda de uso da água como mostrado na figura 11.

Figura 10 - Mapa dos usuários de água (tipo superficial) com processos vigentes do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEMAD,2019.

Figura 11 - Mapa dos trechos dos cursos d'água com demanda hídrica do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEMAD,2019.

Observa-se que a demanda por uso da água é generalizada em todas as sub-bacias hidrográficas da área de estudo. Entretanto, na sub-bacia do ribeirão Ribeiro Bonito é notável o uso intensivo da água para a atividade de irrigação e a presença do SAAE Caeté. Enquanto na sub-bacia do alto e médio ribeirão Sabará prevalece o uso para consumo humano, além de alta demanda para mineração (AngloGold Ashanti). Na sub-bacia do alto ribeirão Vermelho se destacam os usos, consumo humano, dessedentação de animais, bem como a presença da Copasa para abastecimento público e da mineração (AVG). Já nas sub-bacias do alto e médio ribeirão do Peixe e do córrego Engenho Velho se avultam os usos para consumo humano, industrial e irrigação.

É importante ressaltar que alguns processos vencidos não foram renovados. Além disso, existem barramentos de água observados na verificação de campo (vide Cap. 5. Uso e Ocupação do Solo) em que não foram encontrados pontos de usuários na base extraída do SIAM. Desta maneira, possivelmente a realidade de demanda pelo uso da água na área do ZAP Serra da Piedade pode estar subestimada, mesmo considerando os dados oficiais vigentes. Nesse contexto, se mostra necessário otimizar a orientação aos usuários de recursos hídricos do conjunto de sub-bacias hidrográficas quanto à necessidade e importância da regularização.

Após mapeamento dos usuários de água "vigentes" no ZAP Serra da Piedade, foi realizado o estudo de disponibilidade hídrica propriamente dito, considerando a vazão demandada por cada usuário e as vazões de referência da base de regionalização de vazão (IGAM/UFV, 2012) disponível na IDE-Sisema.

Ressalta-se que, para os barramentos com regularização de vazão (dois pontos de outorga da Copasa na sub-bacia hidrográfica do alto ribeirão Vermelho) foram consideradas como vazão demandada aquela não regularizada, calculada por meio do fluxo residual previsto, conforme observado nos aludidos processos de outorga. A mesma consideração foi realizada para o ponto mais a jusante da outorga coletiva (SAAE Caeté), utilizando o fluxo residual mínimo previsto na condicionante 2 da Portaria 20393/2015.

A área do ZAP Serra da Piedade apresenta particularidades em relação ao percentual de vazão outorgável determinado pela Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012, visto que, por estar localizada na bacia hidrográfica do rio das Velhas, "deve ter o limite máximo de captações, por cada seção, considerada em condições naturais de 30% da $Q_{7,10}$, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$". Contudo, como dito anteriormente, na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Ribeiro Bonito existe uma DAC, em que,

de acordo com a mencionada resolução, poderá ser mantido o percentual outorgável de 50% da $Q_{7,10}$, com vistas a mitigar os conflitos existentes. Dessa forma, os cálculos tiveram de ser realizados separadamente para a área da DAC e para o restante da área de estudo.

O resultado pode ser visto na figura 12 e no quadro do Anexo IV que ilustra a classificação dos trechos dos cursos d'água de acordo com a situação de comprometimento da disponibilidade hídrica e traz um resumo dos dados analisados, respectivamente.

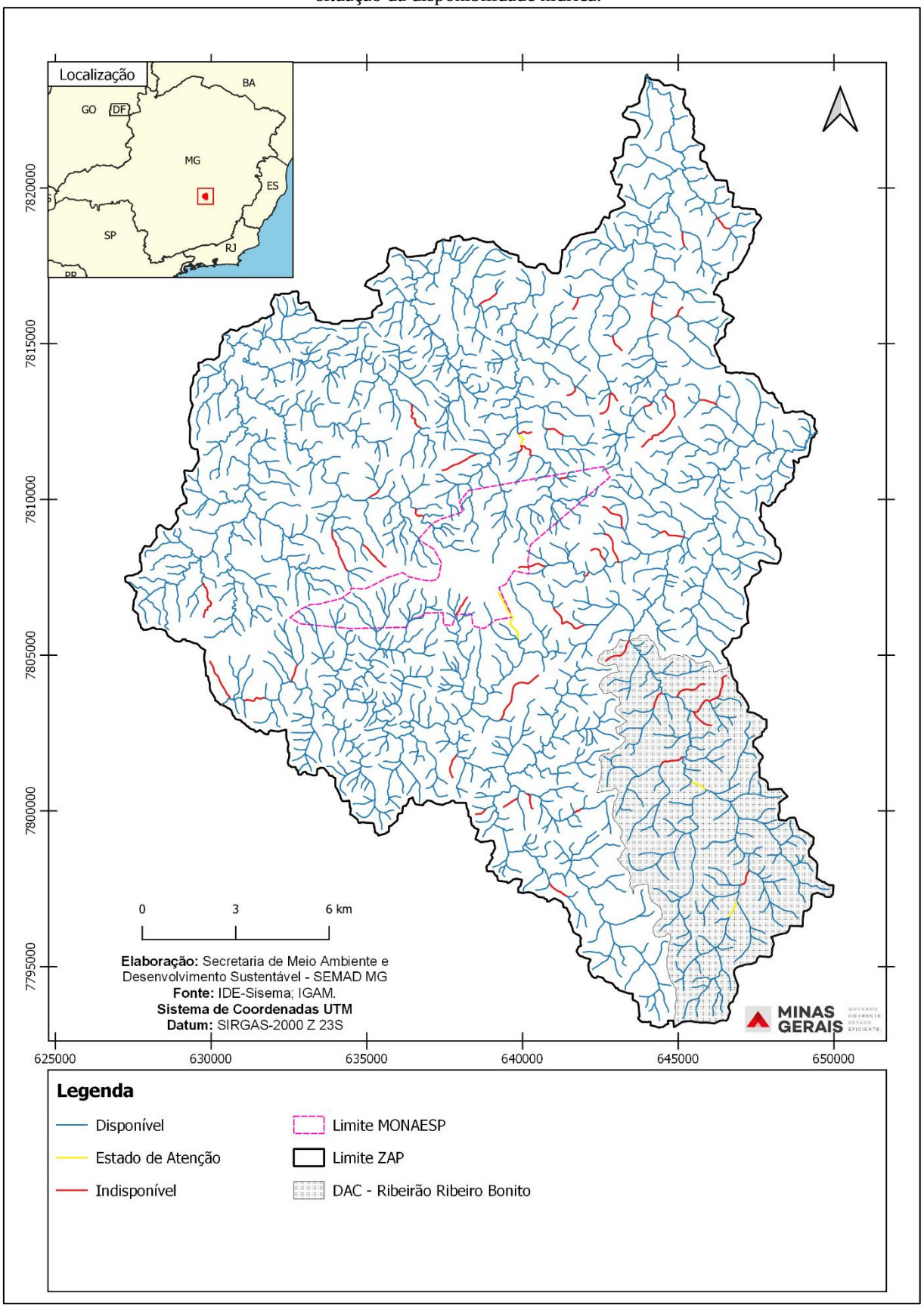
Foram identificados 4 (quatro) trechos em Estado de Atenção (cerca de 5% da totalidade dos trechos com demanda), os quais apresentam demanda maior que 50% da vazão outorgável permitida, e 52 trechos com Indisponibilidade, ou seja, apresentam demanda igual ou maior que o máximo da vazão outorgável (aprox. 68% dos trechos com demanda).

Esse cenário, com alta taxa de trechos "Indisponíveis", inclusive com comprometimentos exorbitantes (até 7146%) deve ser interpretado com certo cuidado, pois há de se considerar o atual modo de análise dos processos de outorga e de emissão das certidões de uso insignificante.

No que se refere à análise dos processos de outorga, é importante ponderar que a $Q_{7,10}$ utilizada como vazão de referência é calculada por meio das "Isolinhas de Vazão dos Deflúvios Superficiais da Copasa" (COPASA/HIDROSISTEMAS, 1993), apresentando valores diferentes da base utilizada pela metodologia ZAP, qual seja, "Estudo de Regionalização de Vazão" (IGAM/UFV, 2012). De forma geral, a última base por ser mais recente apresenta valores de vazão menores, portanto, ainda que o analista tenha considerado o determinado na legislação (50 ou 30% da $Q_{7,10}$) para deferimento da outorga, no cálculo de DH do estudo ZAP existe a possibilidade da vazão outorgada ao usuário ser superior à vazão outorgável para o trecho considerada. E foi isso que ocorreu em grande parte dos trechos indisponíveis com pontos de outorga.

Nesse mesmo raciocínio, para os usuários com regularização de vazão, como o fluxo residual mínimo, calculado no processo de outorga, considera a $Q_{7,10}$ da base da Copasa/Hidrosistemas (1993), a vazão não regularizada, calculada com a $Q_{7,10}$ da base do IGAM/UFV (2012), no estudo ZAP, poderá ser, inclusive, superior a $Q_{7,10}$, ocasionando um incremento na vazão do trecho. Isso também ocorreu no ZAP Serra da Piedade, onde houve um aumento considerável na disponibilidade hídrica dos trechos em que estão localizados os pontos com regularização de vazão.

Figura 12 - Mapa de classificação dos trechos dos cursos d'água do ZAP Serra da Piedade de acordo com a situação da disponibilidade hídrica.



Fonte: SEMAD, 2019.

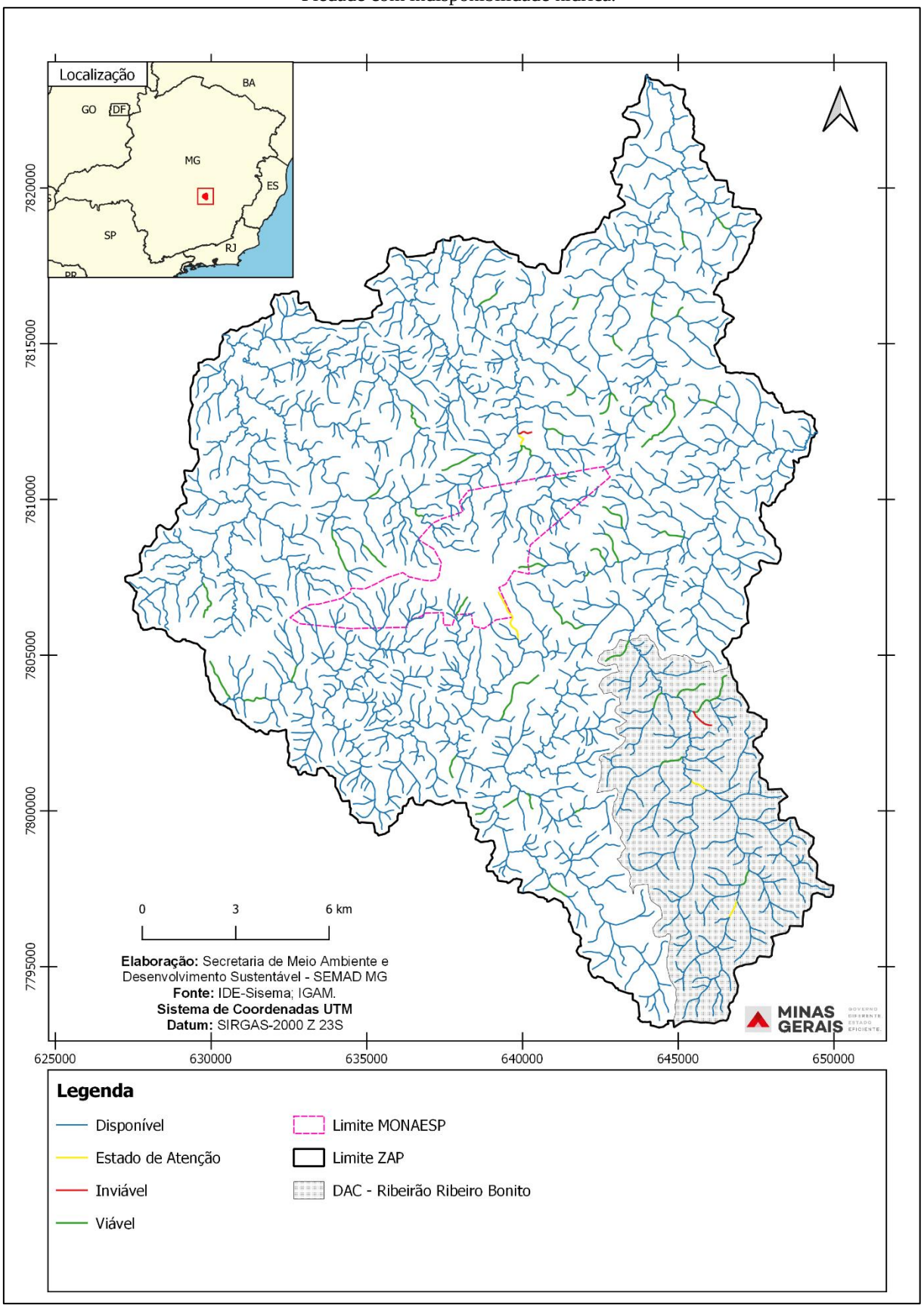
Outra ponderação importante é sobre as certidões de uso insignificante, que são auto declaratórias, sendo o cadastro realizado diretamente em sítio eletrônico do IGAM, sem qualquer análise para deferimento (aceita valores até o máximo permitido pela Deliberação Normativa CERH nº 09/2004, ou seja, 0,5 ou 1,0 l/s, dependendo da UPGRH). Cerca de 40 trechos do total com situação "Indisponível" (aprox. 77%) possuem somente ponto(s) de cadastro(s) de uso insignificante, com comprometimento da DH variando de 149 a 3569%, o que comprova a fragilidade da emissão dessas certidões. Em diversos casos, foi observado mais de um cadastro para o mesmo requerente no mesmo trecho ou em outro muito próximo, o que pode indicar a prática de "divisão da vazão demandada" para evitar um processo de outorga.

Na área da DAC, nos trechos "Indisponíveis" com usuários da outorga coletiva, é necessário levar em conta a recente Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019, a qual dispõe, em seu art. 8º que deverá ser garantido, no ponto mais à jusante da DAC um fluxo residual mínimo equivalente à 50% da $Q_{7,10}$, podendo, entretanto, a autoridade outorgante, a partir de avaliação técnica, autorizar um percentual superior a 50% da $Q_{7,10}$, para cada seção considerada em condições naturais, desde que mantenha o fluxo residual mínimo citado. Dessa maneira, a análise da disponibilidade hídrica, nas áreas de conflito e, consecutivamente, com processos de outorga coletiva deve ser diferenciada.

Para os trechos "Indisponíveis", de forma geral, foi feita a análise de viabilidade de regularização de vazão, conforme determinado na metodologia ZAP, a qual é apresentada na figura 13 e no quadro do Anexo IV. Quase todos os trechos (50) apresentaram viabilidade de regularização de vazão, mesmo com os altos valores de comprometimento hídrico.

Ressalta-se que "a implementação de barragens de regularização de vazão pode mitigar a problemática de demanda hídrica exacerbada de uma sub-bacia hidrográfica. No entanto, deve ser levada em consideração a viabilidade ambiental, econômica e social da construção desse tipo de estrutura" (SEMAD/SEAPA, 2016).

Figura 13 - Mapa de viabilidade de regularização de vazão dos trechos dos cursos d'água do ZAP Serra da Piedade com indisponibilidade hídrica.



Fonte: SEMAD, 2019.

A Tabela 2 traz um resumo da disponibilidade hídrica considerando a drenagem de cada sub-bacia hidrográfica do ZAP Serra da Piedade. Para as sub-bacias hidrográficas ribeirão Ribeiro Bonito e alto ribeirão Vermelho, devem ser levados em consideração os usuários com regularização de vazão, que, conforme dito anteriormente, incrementaram a vazão à jusante, aumentando a disponibilidade hídrica.

Tabela 2 - Resumo dos dados de disponibilidade hídrica das sub-bacia hidrográficas do ZAP Serra da Piedade.

	SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS				
PARÂMETROS	Ribeirão Ribeiro Bonito	Alto e médio ribeirão Sabará	Alto ribeirão Vermelho	Alto e médio ribeirão do Peixe	Córrego Engenho Velho
ÁREA DE DRENAGEM (KM^2)	104,5	97,0	80,3	51,5	44,1
VAZÃO DE REFERÊNCIA - $Q_{7,10}$ (M^3/S)*	0,1433	0,1310	0,0977	0,0578	0,8398
VAZÃO MÉDIA DE LONGO PERÍODO - Q_{MLD} (M^3/S)*	1,444	1,339	1,077	0,6899	6,645
ÍNDICE $R_{7,10}$**	9,9%	9,7%	9,07%	8,37%	12,63%
CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO NATURAL (M^3/S)***	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
VAZÃO MÁXIMA OUTORGÁVEL (M^3/S)*	0,04299	0,0393	0,02931	0,01734	0,25194
VAZÃO DEMANDADA (M^3/S)****	0,08602	0,052	0,01006	0,01786	0,02265
COMPROMETIMENTO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA	200,09	132,32	34,32	103,00	8,99

*Do trecho mais a jusante da bacia

** Indicador da necessidade de regularização natural de um curso de água, representado pela relação entre a disponibilidade hídrica máxima dada pela vazão média (Qmdl), e a vazão mínima de estiagem ($Q_{7,10}$): $r_{7,10} = Q_{7,10}/Qmld$, conforme Atlas Digital das Águas de Minas (EUCLYDES et al, 2011).

*** De acordo com o intervalo do índice $r_{7,10}$:

- Baixa capacidade de regularização: índice de $r_{7,10} < 10\%$
- Média capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 11 a 30%
- Alta capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 31 a 40%
- Muito alta capacidade de regularização: índice de $r_{7,10}$ de 41 a 70%

****Soma de toda vazão demandada na sub-bacia hidrográfica.

Fonte: SEMAD, 2019.

No estudo de Disponibilidade Hídrica indicado pela metodologia ZAP são considerados somente os usuários de água superficial. Entretanto, no ZAP Serra da Piedade, como forma

demonstrativa, foram incluídos (sem parte nos cálculos realizados) os dados dos usuários de água subterrânea, com intuito de complementar a análise da gestão de recursos hídricos na área de estudo.

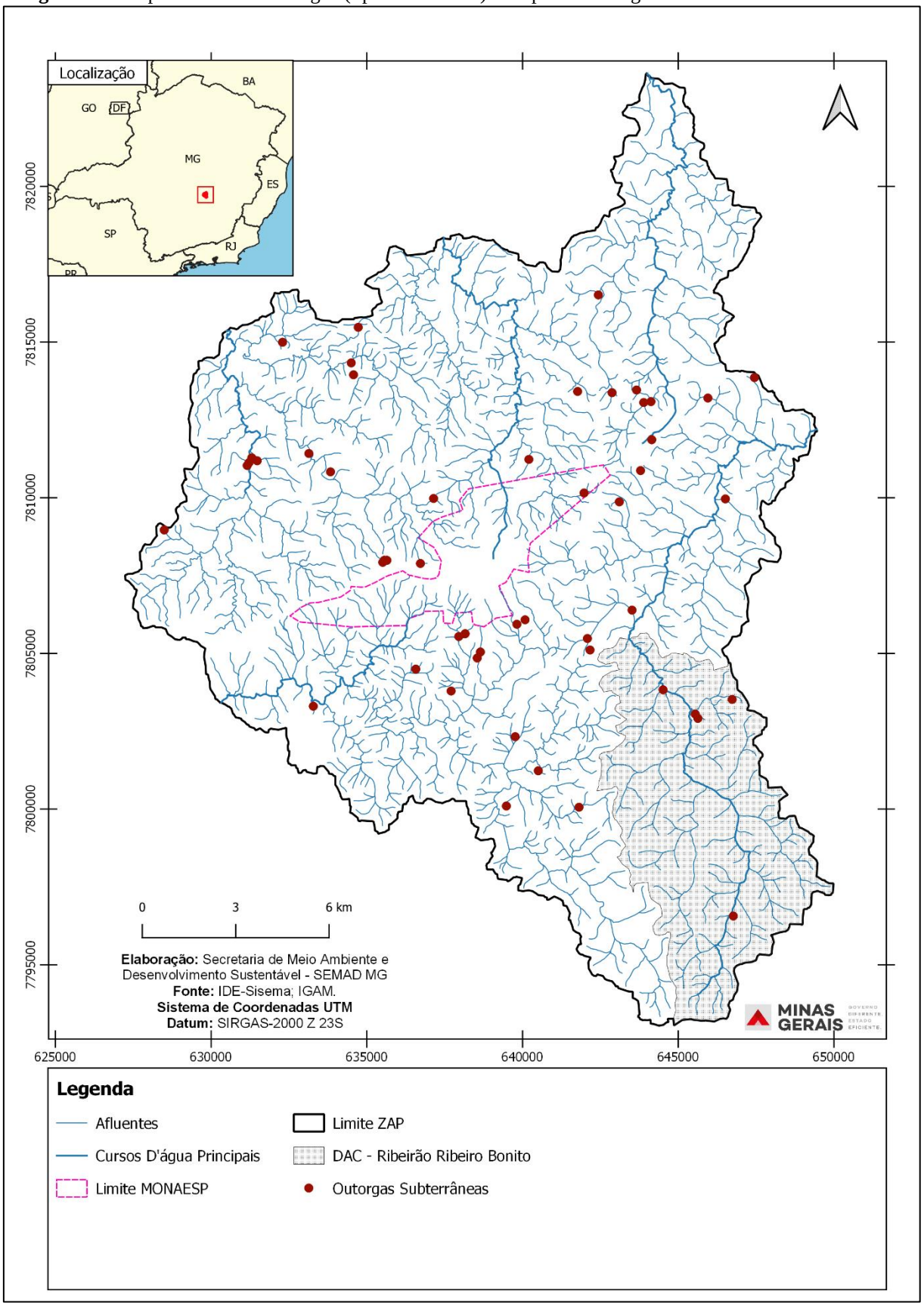
Dessa forma, foram selecionados do relatório obtido do SIAM em setembro de 2019, os usuários de água subterrânea, considerados “vigentes” (Com os status: Cadastro Efetivado, Outorga Deferida, Renovada ou Retificada, e vencimento a partir de 2019). Os valores de vazão e as unidades de medida das outorgas foram conferidos e ajustados de acordo com o descrito nas portarias.

A figura 14 apresenta os usuários de água subterrânea “vigentes” localizados na área do ZAP Serra da Piedade. O detalhamento das principais informações de cada usuário de água considerado no ZAP Serra da Piedade pode ser visto no anexo III deste documento.

Foram identificados 34 usuários de uso insignificante e 17 outorgados para o uso subterrâneo com processos vigentes no ZAP Serra da Piedade. As finalidades observadas, em ordem de predominância, são consumo humano, dessedentação de animais, irrigação, consumo industrial, lavagem de veículo e abastecimento público.

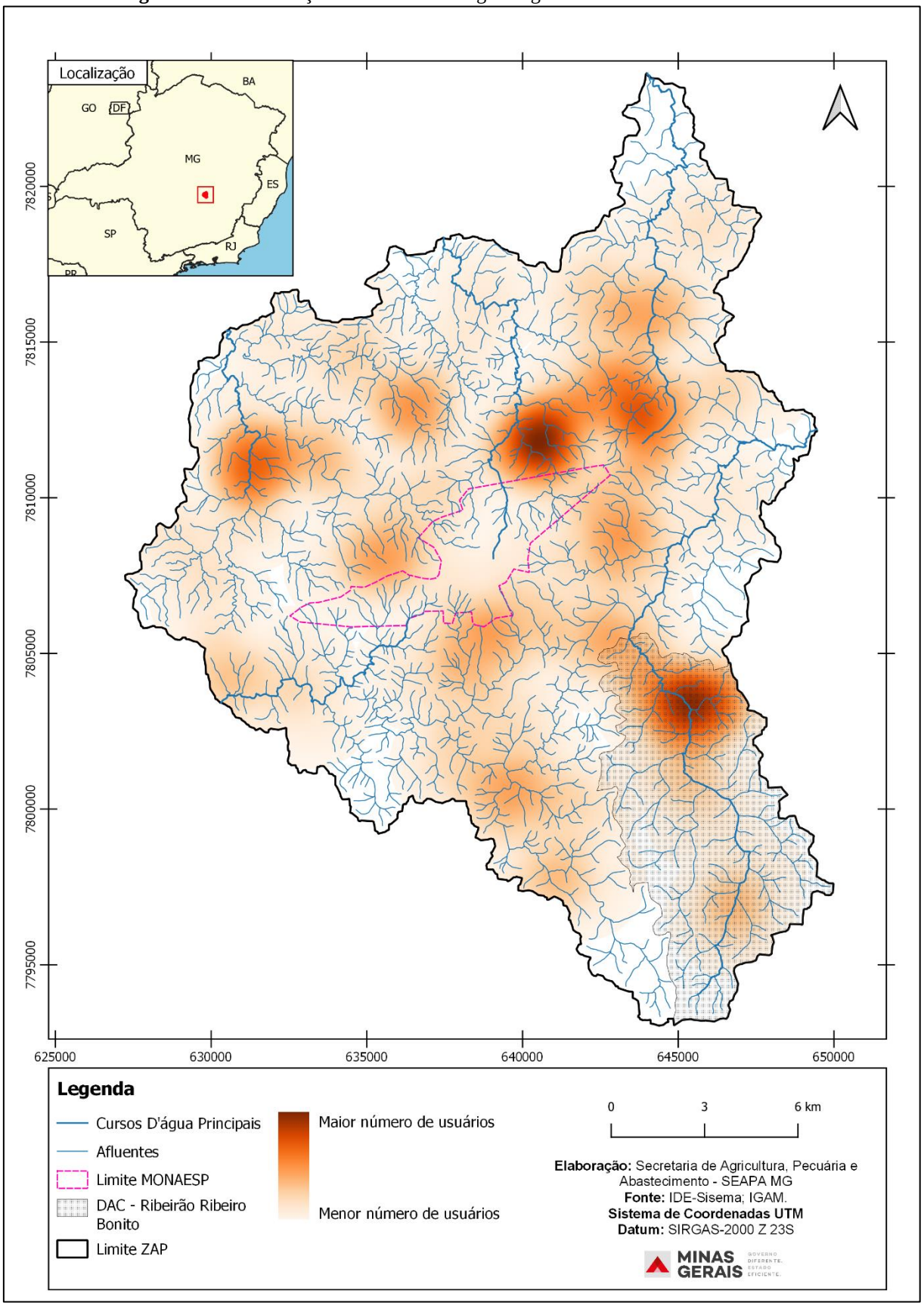
A análise conjunta dos usuários de água subterrânea com a demanda e disponibilidade do tipo superficial poderá ser realizada de formas diversas sob o produto SIG, como por exemplo, na composição de mapas de calor (Figura 15) que apresenta as concentrações de usuários de água na área do ZAP Serra da Piedade. Todavia, diante da observância da presença de poços próximos aos trechos com indisponibilidade hídrica, recomenda-se a necessidade de aprofundamento de estudos que possam complementar a análise da demanda e disponibilidade hídrica desses cursos d’água.

Figura 14 - Mapa dos usuários de água (tipo subterrânea) com processos vigentes do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEMAD, 2019.

Figura 15 - Concentração de Usuários de Água Vigentes no ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA, 2019.

5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento do uso e ocupação do solo, do ZAP Serra da Piedade foi elaborado através de processamento de imagens de satélite, vetorização manual e observações em campo (Anexo I), conforme sugerido na "*Metodologia oficial para elaboração do ZAP*" – Capítulo 2.4 (SEMAD/SEAPA, 2016).

Foram utilizados os softwares QGIS e SNAP e as seguintes imagens:

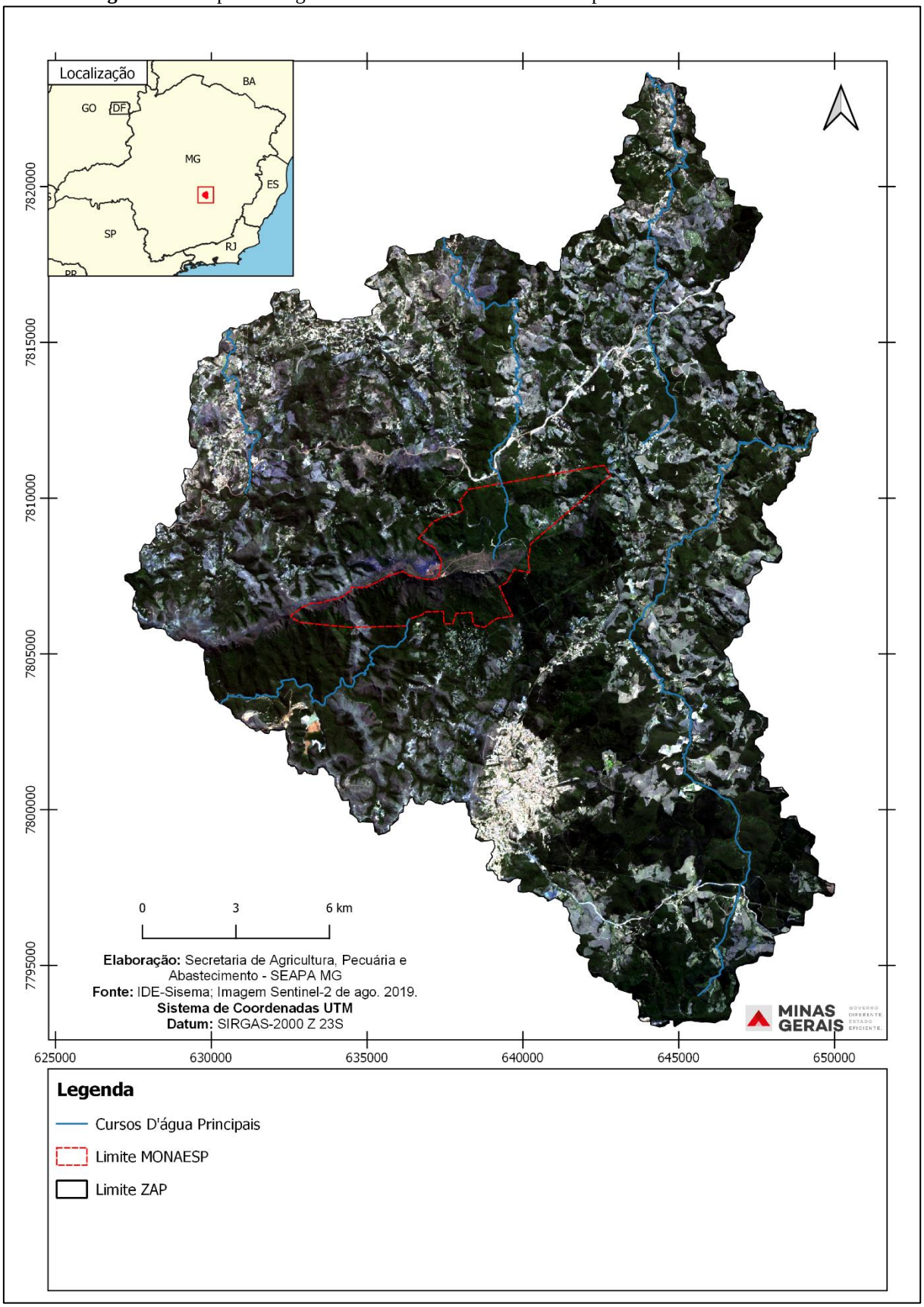
- Sentinel-2 de resolução espacial de 10 metros, datada de 02 de agosto de 2019;
- Google satélite de 09 de setembro de 2018 e 07 de julho de 2019 de resolução espacial de até 0,5 metros.

A imagem Sentinel-2 (Figura 16) foi adquirida através do site Earth Explorer da USGS/NASA e processada utilizando o programa SNAP da Agência Espacial Europeia (ESA) em que foi realizada a separação das bandas necessárias para o procedimento, além do corte da cena de acordo com a delimitação do ZAP Serra da Piedade, reduzindo consideravelmente o tamanho do arquivo. Foram utilizadas as bandas 2, 3, 4 e 8 intercalando entre cor-real e falsa-cor para identificação de diferentes feições. O quadro 2 mostra as especificações técnicas das bandas utilizadas para o procedimento.

Foi escolhida uma imagem de agosto, por ser na época de seca, onde não há formações de nuvens volumosas, o que facilitou o processo de vetorização. A classificação automática não se apresentou viável para este estudo, uma vez que há muitas classes a serem identificadas, este fato se deve, possivelmente, pela área de estudo estar localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Portanto, para este produto, optou-se pela classificação através da vetorização manual. As imagens Sentinel-2 em cor real, tanto como a do Google Satélite, foram disponibilizadas no SIG deste trabalho para futuras referências.

O mapeamento preliminar foi levado para verificação em campo, principalmente dos pontos que geraram dúvidas quanto à vetorização. O trabalho de campo foi compilado no Relatório de Campo (anexo I) contendo as visitas e os trajetos realizados na área de estudo com os registos fotográficos e os respectivos pontos de identificação.

Figura 16 - Mapa da imagem do satélite Sentinel-2 recortada para o ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA, 2019.

Quadro 2 - Especificações técnicas das bandas escolhidas para a imagem Sentinel-2.

Data da Imagem	Banda	Cor Espectral	Resolução espectral (nm)	Resolução espacial (m)
02/08/2019	2	Azul	490	10
	3	Verde	560	
	4	Vermelho	655	
	8	Infra Vermelho Próximo	842	

Fonte: SEAPA, 2019.

Posteriormente, os resultados foram apresentados na reunião pública com os atores estratégicos para consolidação (anexo II). Embora a discussão com os atores estratégicos tenha trazido importantes contribuições para esse trabalho, as mesmas não afetaram o mapeamento de Uso e Ocupação do Solo apresentado na ocasião.

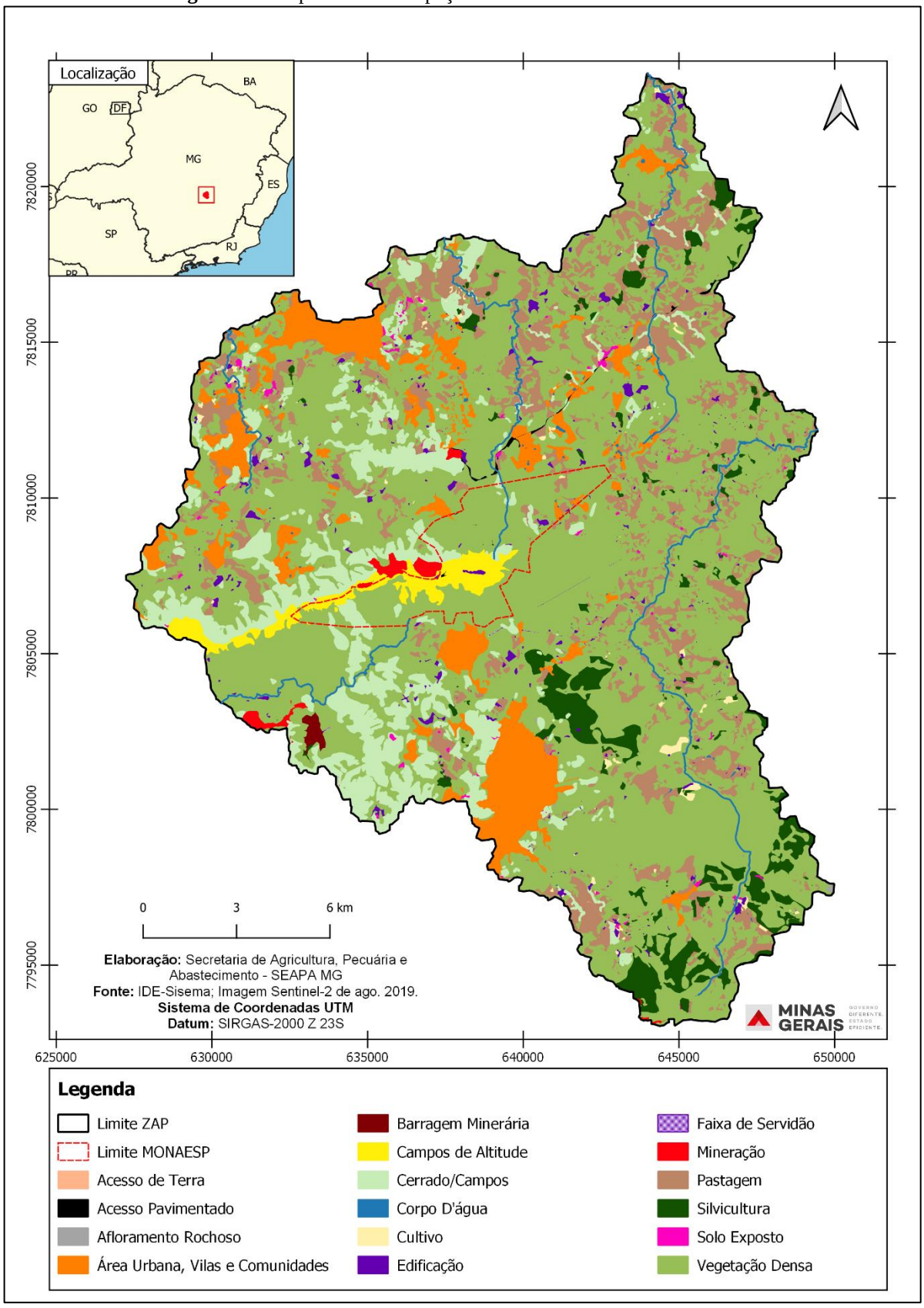
Dessa forma, foram identificadas 16 classes de uso e ocupação do solo no ZAP Serra da Piedade, conforme figura 17 e quadro 3.

As classes identificadas no estudo estão de acordo com a metodologia ZAP oficial, sendo acrescentadas demais feições que são relevantes para o contexto da área de estudo.

As classes mais expressivas no ZAP Serra da Piedade são as relacionadas à Vegetação, com 64,32% (somadas as classes Vegetação Densa, Cerrado/Campos e Campos de Altitude), seguida por Pastagem com 17,17% e Área Urbana, Vilas e Comunidades com 9,04%. Com estes resultados, verifica-se um bom nível de conservação na área de estudo, indicado pela forte presença das classes de vegetação por toda a sua extensão.

As feições de vegetação (Figura 18) encontram-se espalhadas por todas as sub-bacias hidrográficas com exceção apenas das áreas mais urbanizadas localizadas ao noroeste e ao centro-sul. Da mesma forma, as pastagens estendem-se por toda a área de estudo, com exceção apenas no entorno do Monumento, provavelmente por conta do relevo acidentado e das unidades de conservação.

Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA,2019.

Quadro 3 - Dados do uso e ocupação do ZAP Serra da Piedade.

Classe	Área (ha)	Representatividade (%)
Vegetação Densa	20.352,8	54,48%
Pastagem	6.414,2	17,17%
Área Urbana, Vilas e Comunidades	3.378,8	9,04%
Cerrado/Campos	3.034,3	8,12%
Silvicultura	1.708,3	4,57%
Edificação	660,2	1,77%
Campos de Altitude	643,8	1,72%
Cultivo	247,5	0,66%
Acesso de Terra	187,2	0,50%
Mineração	177,8	0,48%
Acesso Pavimentado	176,3	0,47%
Solo Exposto	146,1	0,39%
Corpo D'água	111,1	0,30%
Barragem Minerária	63,2	0,17%
Faixa de Servidão	45,1	0,12%
Afloramento Rochoso	12,4	0,03%
Total:	37.359,1	100,00%

Fonte: SEAPA,2019.

Figura 18 - Vegetação no entorno do MONAESP.

Fonte: ADERI,2018.

As áreas de silvicultura, embora não muito expressivas em sua totalidade, se concentram de maneira densa pela sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Ribeiro Bonito, principalmente em sua

cabeceira. Além disso, há uma grande aglomeração de eucaliptos próxima à sede municipal de Caeté. As áreas de cultivo em sua maioria se relacionam à produção de hortaliças, principal atividade de cultivo da região (Figura 19), e também se concentram nas pequenas propriedades da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Ribeiro Bonito.

Figura 19 - Cultura de hortaliças na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Ribeiro Bonito.

Fonte: ADERI, 2018.

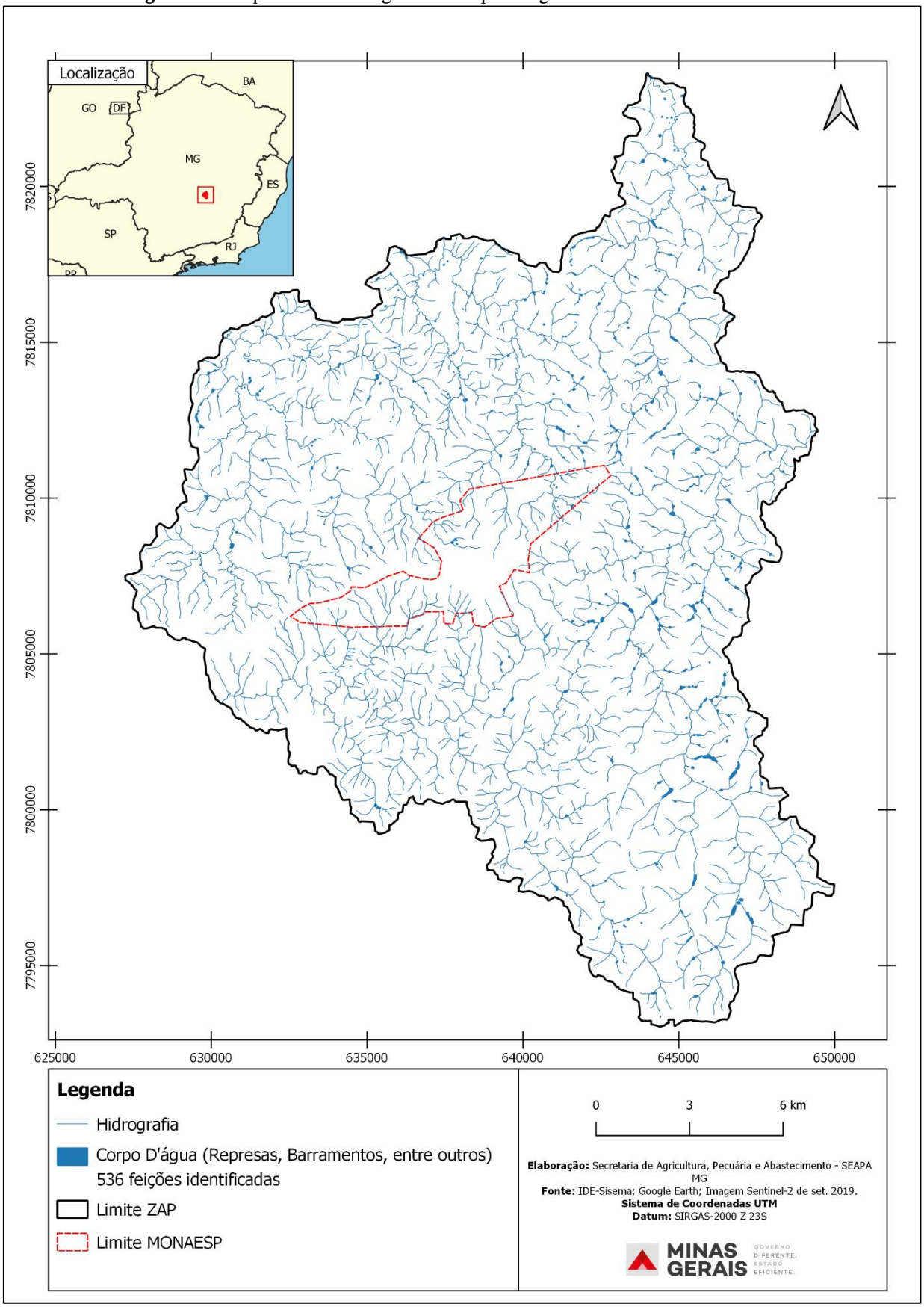
As outras classes identificadas não são consideravelmente expressivas. No entanto, a barragem minerária (Figura 20), de propriedade da AngloGold Ashanti, se destaca pela sua representatividade como única feição.

Figura 20 - Barragem Minerária da empresa AngoGold Ashanti.

Fonte: ADERI, 2018.

Através do produto de Uso e Ocupação do Solo foi possível identificar cerca de 536 corpos d'água (Figura 21), onde sua maioria corresponde a pequenas represas. Este produto pode ser utilizado para confrontar com as informações do estudo de disponibilidade hídrica e observar e disparidade entre os dados registrados no IGAM e aqueles que possivelmente se apresentam como uso irregular (sem registro ao órgão regulador). Esta ação faz com que a acurácia do estudo de disponibilidade dídrica seja diminuída, afetando de certa forma futuras medidas que se podem tomar através deste estudo ZAP. Faz-se assim, necessário uma reunião com os atores e agentes das sub-bacias hidrográficas contempladas por este Estudo a fim de conscientiza-los no que diz respeito à regularização do uso da água. Desta forma, recomenda-se atualização dos dados futuramente, caso necessário, para que os estudos de disponibilidade dídrica sejam complementados com novos usuários, caso seja eficiente a mobilização para tal ação.

Figura 21 - Mapa da rede hidrográfica e corpos d'água do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA, 2019.

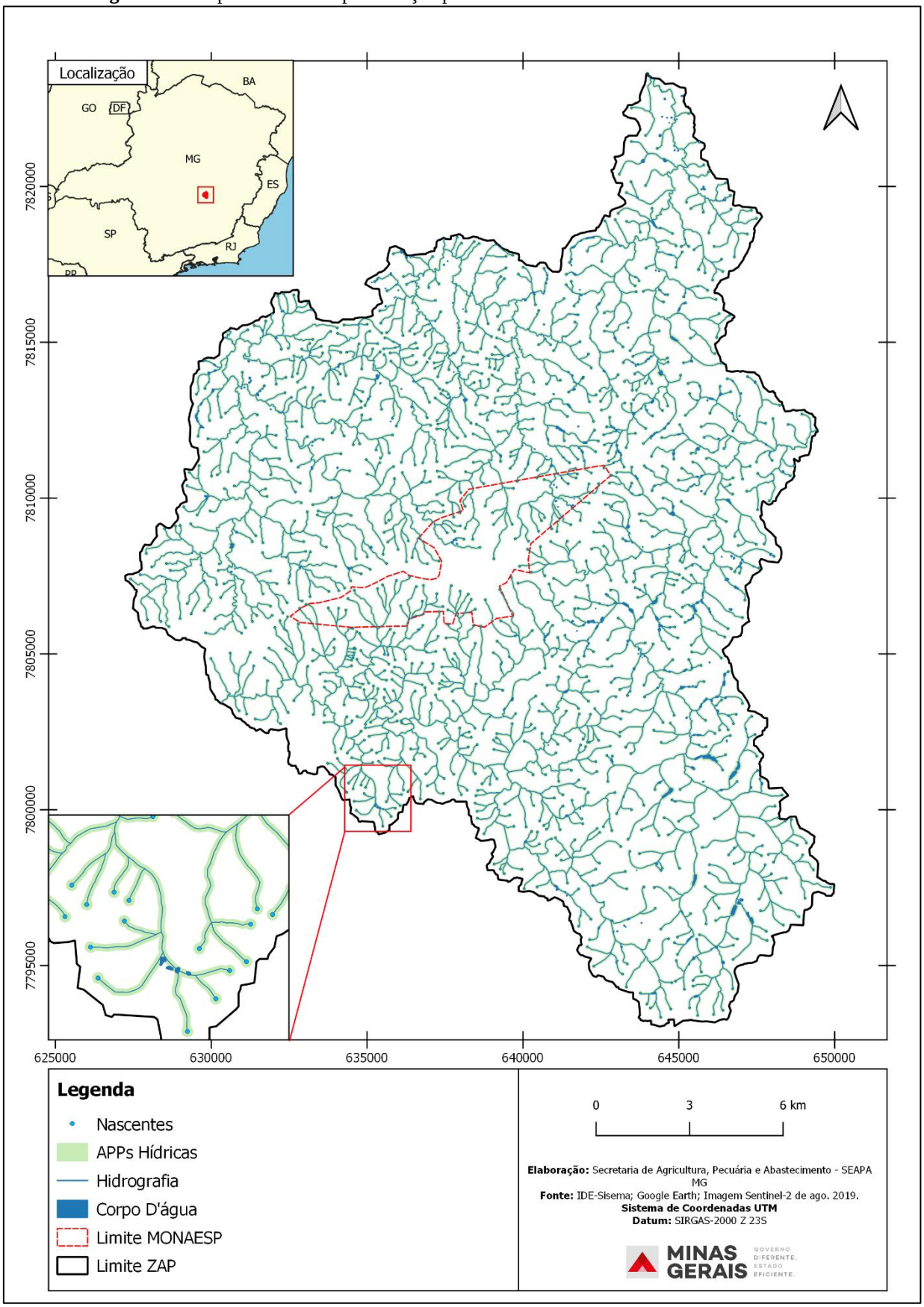
5.1 Áreas de Preservação Permanente Hídricas

As áreas de preservação permanente, de acordo com o Art. 8º da Lei Estadual n° 20.922/2013 são: *"... área, 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".* Portanto, são áreas que devem ser preservadas para que não haja significantes alterações ambientais que são capazes de desestabilizar ecossistemas em diferentes escalas.

Com o intuito de identifica-las corretamente, um estudo de correção da hidrografia foi realizado, como mencionado no capítulo 2 deste documento.

Após a correção, no estudo deste ZAP, conforme consta na metodologia oficial, foram identificadas as APPs hídricas diferenciadas por: i) nascentes; ii) cursos d'água; iii) represas. Para cada uma, em ordem, foi aplicado um buffer de 50, 30 e o mais restritivo para grandes represas (maiores que 1 hectare), 50 metros. A área total de APPs hídrica do ZAP Serra da Piedade é cerca de 6.330 hectares, representando aproximadamente 17% de toda a área de estudo. Foram identificadas 1.046 nascentes após correção da hidrografia. O resultado do mapa de APPs hídricas pode ser observado na figura 22.

Figura 22 - Mapa das áreas de preservação permanente hídricas do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: SEAPA, 2019.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

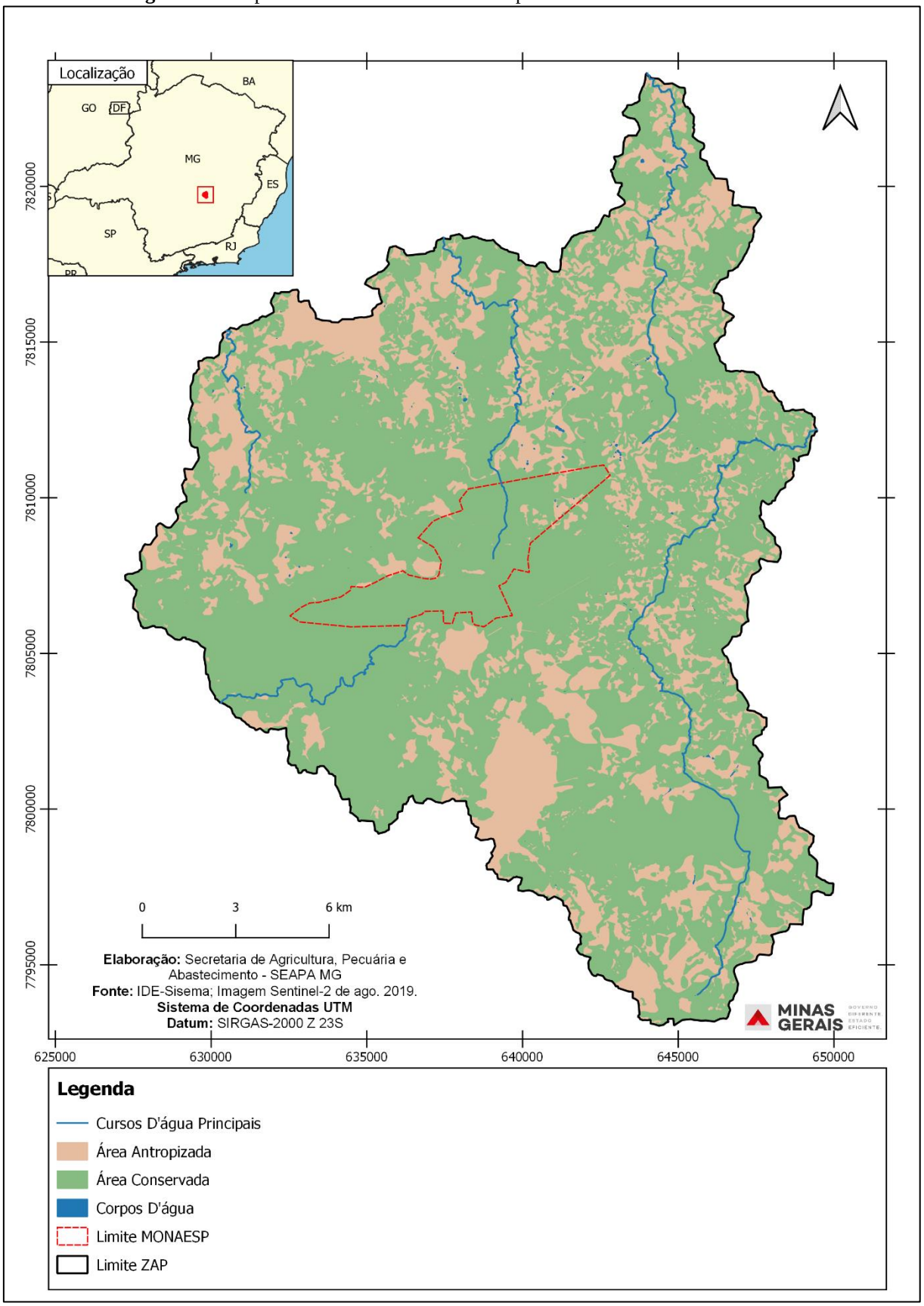
Conforme a "*Metodologia oficial para elaboração do ZAP*" - cap. 2.5 (SEMAD/SEAPA, 2016), as considerações gerais têm como objetivo correlacionar todos os produtos do ZAP, a fim de auxiliar nos projetos e planos de adequação socioambiental das sub-bacias hidrográficas. Nesse item, são elaborados índices que representam a atual condição da área de estudo, a saber:

- Conservação do conjunto de sub-bacias;
- Antropização das APPs hídricas;
- Concentração de nascentes;
- Usos conflitantes;
- Cobertura vegetal em colinas de topo alongado e cristas/afloramento rochoso.

6.1 Áreas conservadas e antropizadas

As áreas conservadas e antropizadas para o ZAP Serra da Piedade são apresentadas na figura 23 abaixo. As classes: Acesso de Terra, Acesso Pavimentado, Área Urbana, Vilas e Comunidades, Silvicultura, Solo Exposto, Edificação, Faixa de Servidão, Mineração, Pastagem, Barragem Minerária e Cultivo foram consideradas antropizadas, excluindo a classe Corpo D'água por representar corpos hídricos. O resultado total em área (hectares) por sub-bacia pode ser visto no quadro 4.

Figura 23 - Mapa das áreas conservadas e antropizadas do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: Os autores, 2019.

Quadro 4 - Relação de área conservada e antropizada nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade.

Sub-bacia	Tipo de Área	Área (ha)	Representatividade (%)
Alto e Médio Ribeirão do Peixe	Corpo D'água	13,1	0,26%
	Antropizada	1901,04	37,30%
	Conservada	3182,97	62,45%
Alto e Médio Ribeirão Sabará	Corpo D'água	8,28	0,09%
	Antropizada	2875,54	29,95%
	Conservada	6716,54	69,96%
Alto Ribeirão Vermelho	Corpo D'água	14,37	0,18%
	Antropizada	2759,89	34,72%
	Conservada	5174,37	65,10%
Córrego Engenho Velho	Corpo D'água	17,84	0,41%
	Antropizada	2138,8	48,93%
	Conservada	2214,94	50,67%
Ribeirão Ribeiro Bonito	Corpo D'água	57,53	0,56%
	Antropizada	3527,3	34,12%
	Conservada	6754,54	65,33%
ZAP Serra da Piedade	Corpo D'água	111,12	**0,29%**
	Antropizada	13204,66	**34,97%**
	Conservada	24043,36	**63,68%**

Fonte: Os autores, 2019.

Através dos dados obtidos por meio de técnicas de geoprocessamento é possível calcular o índice de conservação das sub-bacias do ZAP Serra da Piedade através da equação demonstrada abaixo. Este índice auxilia em uma primeira observação geral sobre a ocupação da sub-bacia, no entanto é necessária a observação em mapa e/ou SIG para um melhor planejamento de gestão, já que este permite visualizar onde se localizam importantes fragmentos de vegetação conservada que podem ser interligados uns aos outros (SEMAD/SEAPA, 2016).

$$I_{conservação\ da\ sub-bacia} = \left(\frac{A_{conservada}}{A_{sub-bacia}}\right).100$$

Onde:

$A_{conservada}$ = Área conservada com vegetação (ha) ou afloramento, neste caso, as classes Vegetação Densa, Cerrado/Campos, Campos de Altitude e Afloramento Rochoso.

$A_{sub-bacia}$ = Área total da sub-bacia (ha).

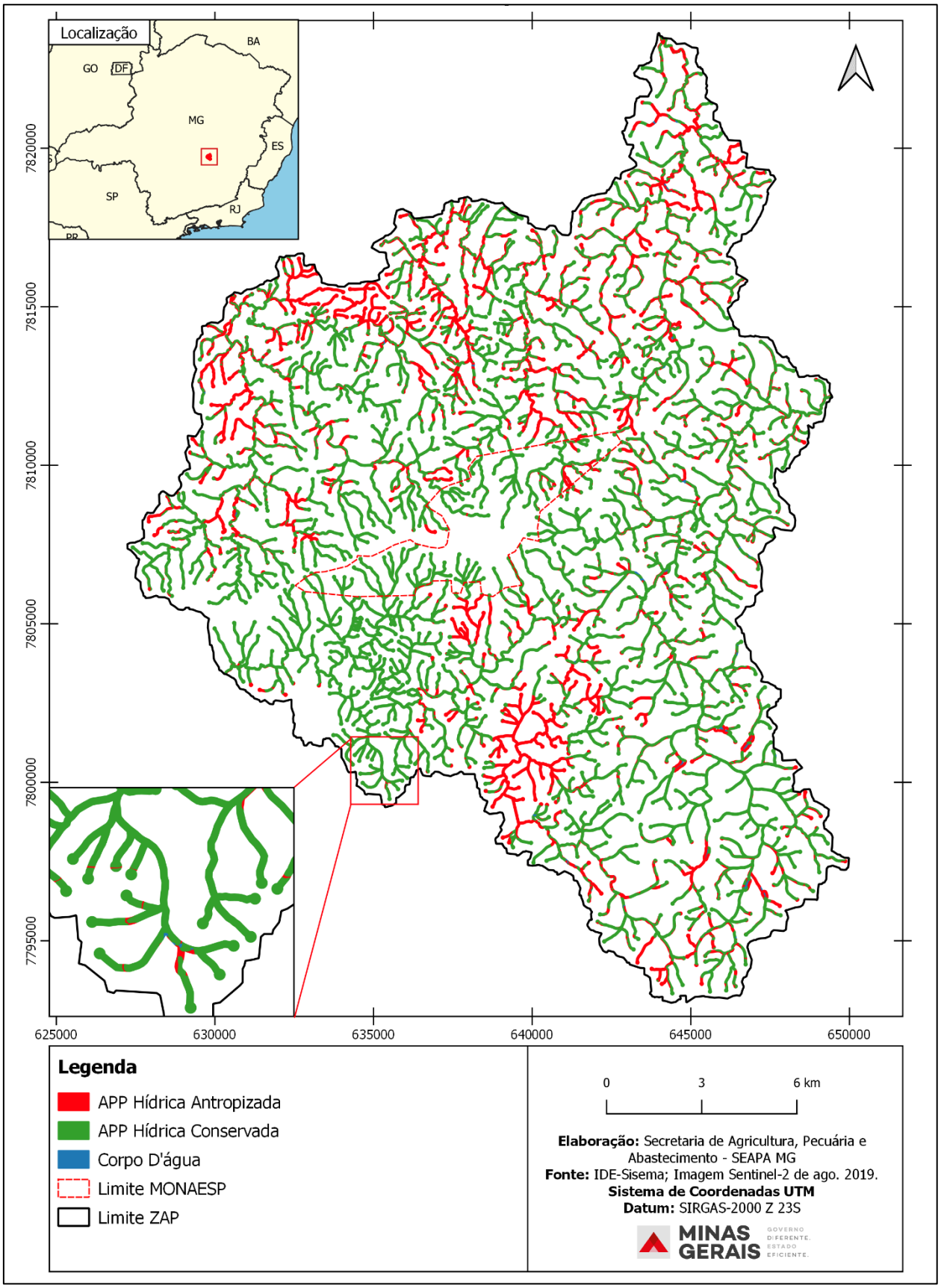
Cálculo para o ZAP Serra da Piedade:

$$I_{conservação\ da\ sub-bacia} = \left(\frac{24.043{,}4}{37.758{,}4}\right).100 = 63{,}7\%$$

6.2 Áreas de preservação permanente hídricas conservadas e antropizadas

A representação das APPs hídricas conservadas e antropizadas pode ser utilizada para indicar quais áreas de APPs devem ser priorizadas para recuperação, qual a melhor forma para tal e ainda cruzar as informações com outros produtos objetivando análises mais profundas. Espacialmente, as APPs hídricas conservadas são representadas pela interseção entre as classes de uso e ocupação do solo Vegetação Densa, Cerrado/Campos, Campos de Altitude e Afloramento Rochoso com as APPs hídricas, e seu oposto, as APPs hídricas antropizadas são interseccionadas com as classes de uso e ocupação do solo Acesso de Terra, Acesso Pavimentado, Área Urbana, Vilas e Comunidades, Silvicultura, Solo Exposto, Edificação, Faixa de Servidão, Mineração, Pastagem, Barragem Minerária e Cultivo novamente com as APPs hídricas. O mapa resultado deste procedimento pode ser observado na figura 24 abaixo.

Figura 24 - Mapa das áreas de preservação permanente hídricas conservadas e antropizadas do ZAP Serra da Piedade.



Fonte: Os autores, 2019.

O quadro 5 expõe os valores utilizados para a elaboração do índice de antropização das APPs hídricas. O índice é calculado a partir da equação demonstrada abaixo e varia de 0 a 100 sendo que quanto maior o valor, maior a antropização das APPs hídricas da sub-bacia.

Quadro 5 - Relação de área de preservação permanente hídrica conservada e antropizada nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade.

Sub-bacia	Tipo de Área de Preservação Permanente Hídrica	Área (ha)	Representatividade (%)
Alto e Médio Ribeirão do Peixe	Corpos D'água	9,67	1,03%
	Antropizada	298,01	31,79%
	Conservada	629,86	67,18%
Alto e Médio Ribeirão Sabará	Corpos D'água	7,1	0,42%
	Antropizada	378,95	22,43%
	Conservada	1303,23	77,15%
Alto Ribeirão Vermelho	Corpos D'água	9,34	0,67%
	Antropizada	416,6	30,08%
	Conservada	959,05	69,25%
Córrego Engenho Velho	Corpos D'água	13,18	1,89%
	Antropizada	256,61	36,78%
	Conservada	427,95	61,33%
Ribeirão Ribeiro Bonito	Corpos D'água	44,18	2,73%
	Antropizada	332,16	20,50%
	Conservada	1243,85	76,77%
ZAP Serra da Piedade	Corpos D'água	83,47	**1,32%**
	Antropizada	1682,47	**26,58%**
	Conservada	4563,93	**72,10%**

$$I_{antropização\ das\ APPs\ hídricas} = \left(\frac{A_{APP\ hidrica\ antropizada}}{A_{APP\ hidrica\ total}}\right).100$$

Onde:

$A_{APP\ hidrica\ antropizada}$ = Porção das APPs hídricas sem vegetação e/ou conservação (ha).

$A_{APP\ hidrica\ total}$ = Área total das APPs hídricas (ha).

Cálculo para o ZAP Serra da Piedade:

$$I_{antropização\ das\ APPs\ hídricas} = \left(\frac{1.682,5}{6.329,8}\right).100 = 26,6\%$$

6.3 Concentração de nascentes

O cálculo de concentração de nascentes facilita à "priorização de alocação de recursos para a adequação ambiental" (SEMAD/SEAPA, 2016, p.56) da sub-bacia quando se trata de recuperação de nascentes e disponibilidade hídrica. Presume-se que cada APP de nascente equivale a um raio de 50 metros, que, convertendo para hectares, se obtém 0,78 por nascente, e é por sua vez multiplicado pelo número de nascentes encontradas e dividido pela área total da sub-bacia. O resultado (figura 25 e quadro 6) pode ser interpretado em uma escala de 0 a 100, sendo que quanto maior o valor, maior a concentração de nascentes na sub-bacia.

$$I_{concentração\ de\ nascentes} = \left(\frac{N^{\underline{o}}{}_{nascentes}\ .\ 0,78}{A_{sub-bacia}}\right).100$$

Onde:

$N^{\underline{o}}{}_{nascentes}$ = Número de nascentes existentes na sub-bacia.

$A_{sub-bacia}$ = Área total sub-bacia (ha).

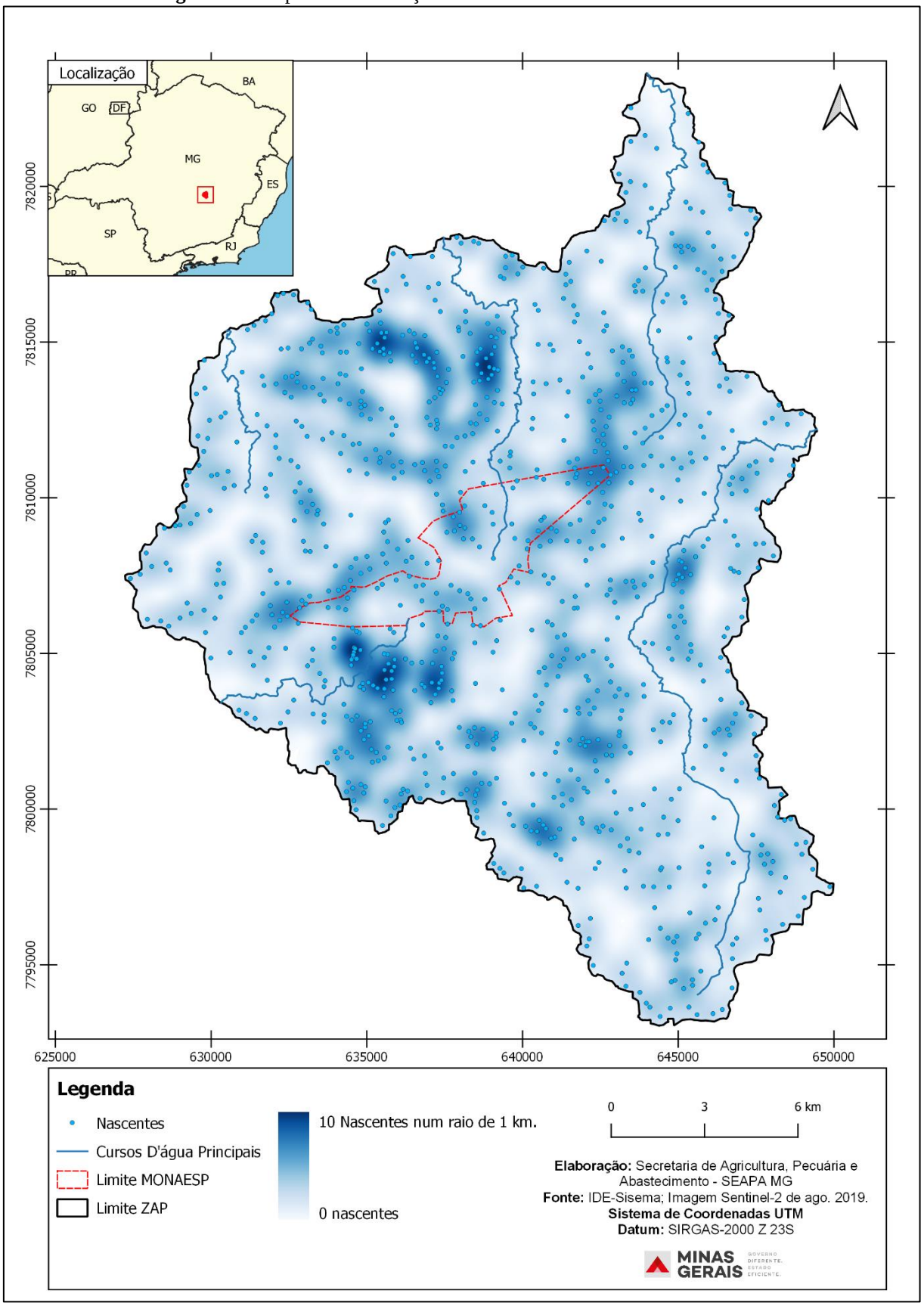
Cálculo para sub-bacia do ZAP Serra da Piedade:

$$I_{concentração\ de\ nascentes} = \left(\frac{1.046\ .\ 0,78}{37.758,4}\right).100 = 2,16$$

Quadro 6 - Relação de concentração de nascentes por sub-bacias do ZAP Serra da Piedade.

Sub-bacia	Área(ha)	Nascentes	Índice
Alto Ribeirão Vermelho	8.034	215	2,08
Córrego Engenho Velho	4.418	109	1,92
Alto e Médio Ribeirão Sabará	9.703	310	2,49
Alto e Médio Ribeirão do Peixe	5.152	159	2,40
Ribeirão Ribeiro Bonito	10.451	253	1,88
ZAP Serra da Piedade	37.758,43	1046	2,16

Figura 25 - Mapa de concentração de nascentes do ZAP Serra da Piedade.



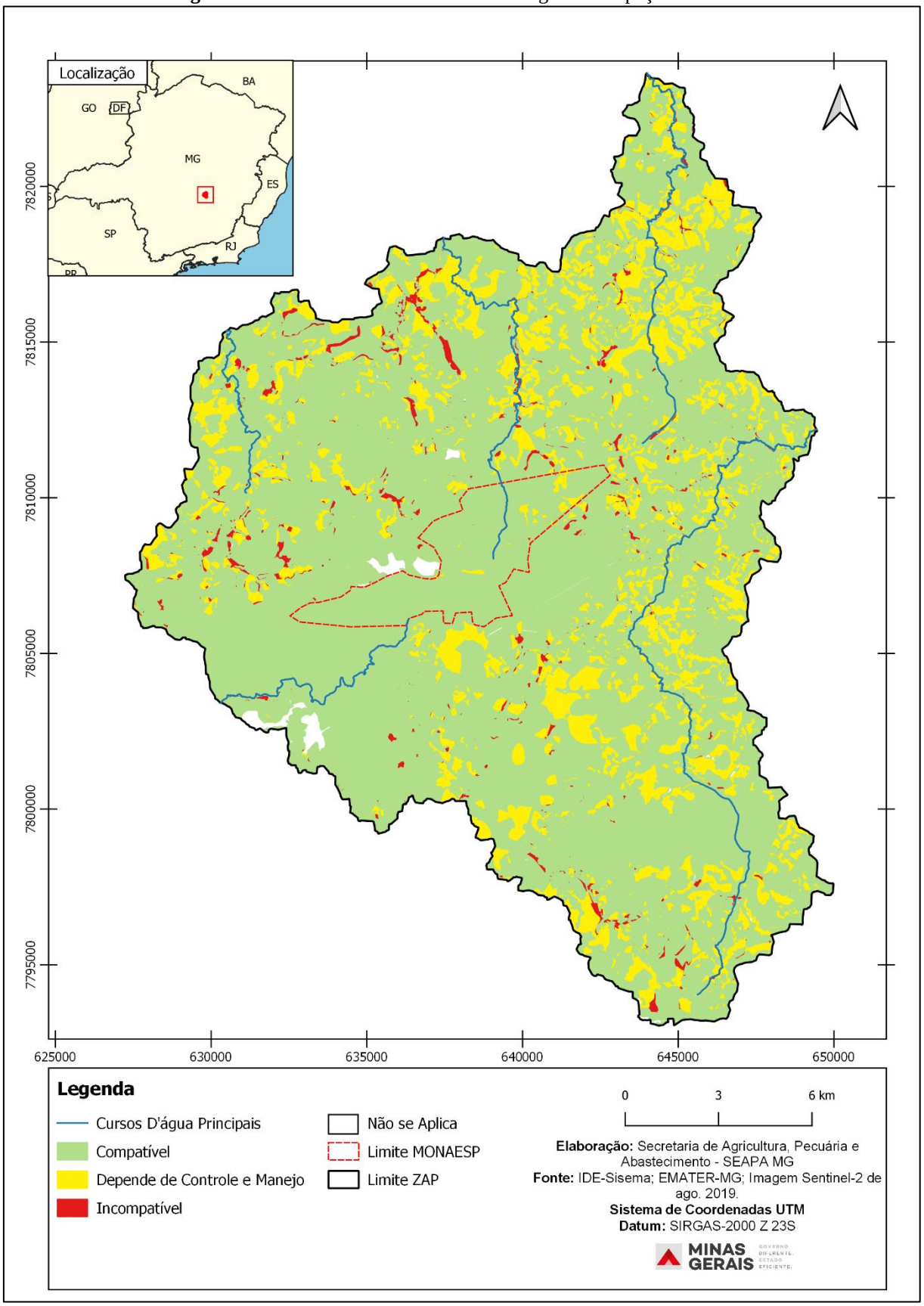
Fonte: Os autores, 2019.

6.4 Conflito entre Unidades de Paisagem e Uso e Ocupação do Solo

O conflito entre Unidades de Paisagem e Uso e Ocupação do Solo (figura 26) expõe as áreas da sub-bacia que sofrem maior impacto ambiental por determinado tipo de uso em certa unidade de paisagem. É um importante subproduto a ser analisado ambientalmente para determinar áreas que devem sofrer intervenção em seu uso visando a conservação da sub-bacia.

É executado através da interseção entre estes dois produtos utilizando técnicas de geoprocessamento. É identificada a quantidade de área que cada classe de uso do solo representa nas unidades de paisagem e decidido, através da metodologia de caracterização de unidades de paisagem de Fernandes (2013) (com auxílio do quadro 7 deste estudo e de profissionais da área) e conhecimento de campo, onde há compatibilidade e incompatibilidade de usos na sub-bacia. Uma terceira classificação foi proposta, conforme metodologia ZAP oficial, denominada de “depende de controle e manejo” demonstrando que tal uso é compatível a partir de técnicas de controle e manejo do solo adequados. A classificação “não se aplica” é dada às classes de uso que não são passíveis de alteração por inviabilidade ou consolidação de uso.

Figura 26 - Conflito entre Unidades de Paisagem e Ocupação do Solo.



Fonte: Os autores, 2019.

O quadro 7 exprime as inter-relações entre unidades de paisagem e uso e ocupação do solo e a análise técnica dada para cada.

Quadro 7 - Análise de conflito entre Unidades de Paisagem e Uso e Ocupação do Solo do ZAP Serra da Piedade.

Unidade de Paisagem	Uso Atual	Análise
Área Descaracterizada	Acesso de Terra	Não se Aplica
	Acesso Pavimentado	Não se Aplica
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Não se Aplica
	Barragem Minerária	Não se Aplica
	Campos de Altitude	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Silvicultura	Não se Aplica
	Vegetação Densa	Compatível
Colina Cônica	Acesso de Terra	Incompatível
	Cerrado/Campos	Compatível
	Pastagem	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
Colina de Topo Alongado	Acesso de Terra	Compatível
	Acesso Pavimentado	Compatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Depende de controle e manejo
	Barragem Minerária	Não se Aplica
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Compatível
	Edificação	Depende de controle e manejo
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Depende de controle e manejo
	Silvicultura	Compatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Colina/Vertente Convexa	Acesso de Terra	Compatível
	Acesso Pavimentado	Compatível
	Afloramento Rochoso	Compatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Depende de controle e manejo
	Campos de Altitude	Compatível
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Depende de controle e manejo
	Edificação	Depende de controle e manejo
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Compatível
	Silvicultura	Compatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Cristas/Afloramentos rochosos	Acesso de Terra	Incompatível
	Acesso Pavimentado	Depende de controle e manejo

	Afloramento Rochoso	Compatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Incompatível
	Campos de Altitude	Compatível
	Cultivo	Incompatível
	Edificação	Depende de controle e manejo
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Incompatível
	Silvicultura	Incompatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Rampas de Colúvio	Acesso de Terra	Compatível
	Acesso Pavimentado	Compatível
	Afloramento Rochoso	Compatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Compatível
	Campos de Altitude	Compatível
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Depende de controle e manejo
	Edificação	Compatível
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Depende de controle e manejo
	Silvicultura	Depende de controle e manejo
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Terraços e Planícies Fluviais	Acesso de Terra	Compatível
	Acesso Pavimentado	Compatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Compatível
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Compatível
	Edificação	Compatível
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Pastagem	Compatível
	Silvicultura	Compatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Vales Encaixados	Acesso de Terra	Incompatível
	Acesso Pavimentado	Incompatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Incompatível
	Barragem Minerária	Não se Aplica
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Incompatível
	Edificação	Incompatível
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Pastagem	Incompatível
	Silvicultura	Incompatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Vertentes Côncavas	Acesso de Terra	Depende de controle e manejo

	Acesso Pavimentado	Depende de controle e manejo
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Depende de controle e manejo
	Barragem Minerária	Não se Aplica
	Campos de Altitude	Compatível
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Depende de controle e manejo
	Edificação	Depende de controle e manejo
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Depende de controle e manejo
	Silvicultura	Depende de controle e manejo
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
Vertentes Ravinadas	Acesso de Terra	Incompatível
	Acesso Pavimentado	Incompatível
	Área Urbana, Vilas e Comunidades	Incompatível
	Barragem Minerária	Não se Aplica
	Campos de Altitude	Compatível
	Cerrado/Campos	Compatível
	Corpo D'água	Não se Aplica
	Cultivo	Incompatível
	Edificação	Incompatível
	Faixa de Servidão	Não se Aplica
	Mineração	Não se Aplica
	Pastagem	Incompatível
	Silvicultura	Incompatível
	Solo Exposto	Incompatível
	Vegetação Densa	Compatível

Fonte: Os autores, 2019.

O quadro 8 demonstra os valores de área em hectares da análise de conflito e são utilizados para o cálculo do índice de uso conflitante da sub-bacia. O índice é calculado a partir da equação demonstrada abaixo e varia de 0 a 100 sendo que quanto maior o valor, maior a taxa de conflito entre o uso e ocupação do solo atual com as unidades de paisagem identificadas na sub-bacia.

Quadro 8 - Áreas de uso conflitante para cada Unidade de Paisagem nas sub-bacias do ZAP Serra da Piedade.

Sub-bacia	Conflito	Área (ha)	Representatividade (%)
Alto e Médio Ribeirão do Peixe	Compatível	3698,72	72,60%
	Depende de Controle e Manejo	1170,49	22,98%
	Incompatível	198,22	3,89%
	Não se Aplica	27,17	0,53%
Alto e Médio Ribeirão Sabará	Compatível	7937,45	82,74%
	Depende de Controle e Manejo	1298,99	13,54%
	Incompatível	180,5	1,88%

	Não se Aplica	176,03	1,83%
Alto Ribeirão Vermelho	Compatível	6354,11	79,95%
	Depende de Controle e Manejo	1167,86	14,69%
	Incompatível	322,47	4,06%
	Não se Aplica	103,43	1,30%
Córrego Engenho Velho	Compatível	2664,79	60,96%
	Depende de Controle e Manejo	1548,46	35,42%
	Incompatível	140,19	3,21%
	Não se Aplica	17,84	0,41%
Ribeirão Ribeiro Bonito	Compatível	7703,04	73,98%
	Depende de Controle e Manejo	2405,35	23,10%
	Incompatível	148,16	1,42%
	Não se Aplica	77,89	0,75%
	Não se Aplica	77,89	0,75%
ZAP Serra da Piedade	Compatível	28382,24	**75,17%**
	Depende de Controle e Manejo	7593,08	**20,11%**
	Incompatível	991,47	**2,63%**
	Não se Aplica	402,37	**1,07%**

Fonte: Os autores, 2019.

$$I_{uso\ conflitante\ da\ sub-bacia} = \left(\frac{A_{uso\ conflitante}}{A_{sub-bacia}}\right).100$$

Onde:

$A_{uso\ conflitante}$ = Área total de conflito entre o uso do solo atual e as unidades de paisagem (ha), no caso toda área identificada como “Incompatível”.

$A_{sub-bacia}$ = Área total sub-bacia (ha).

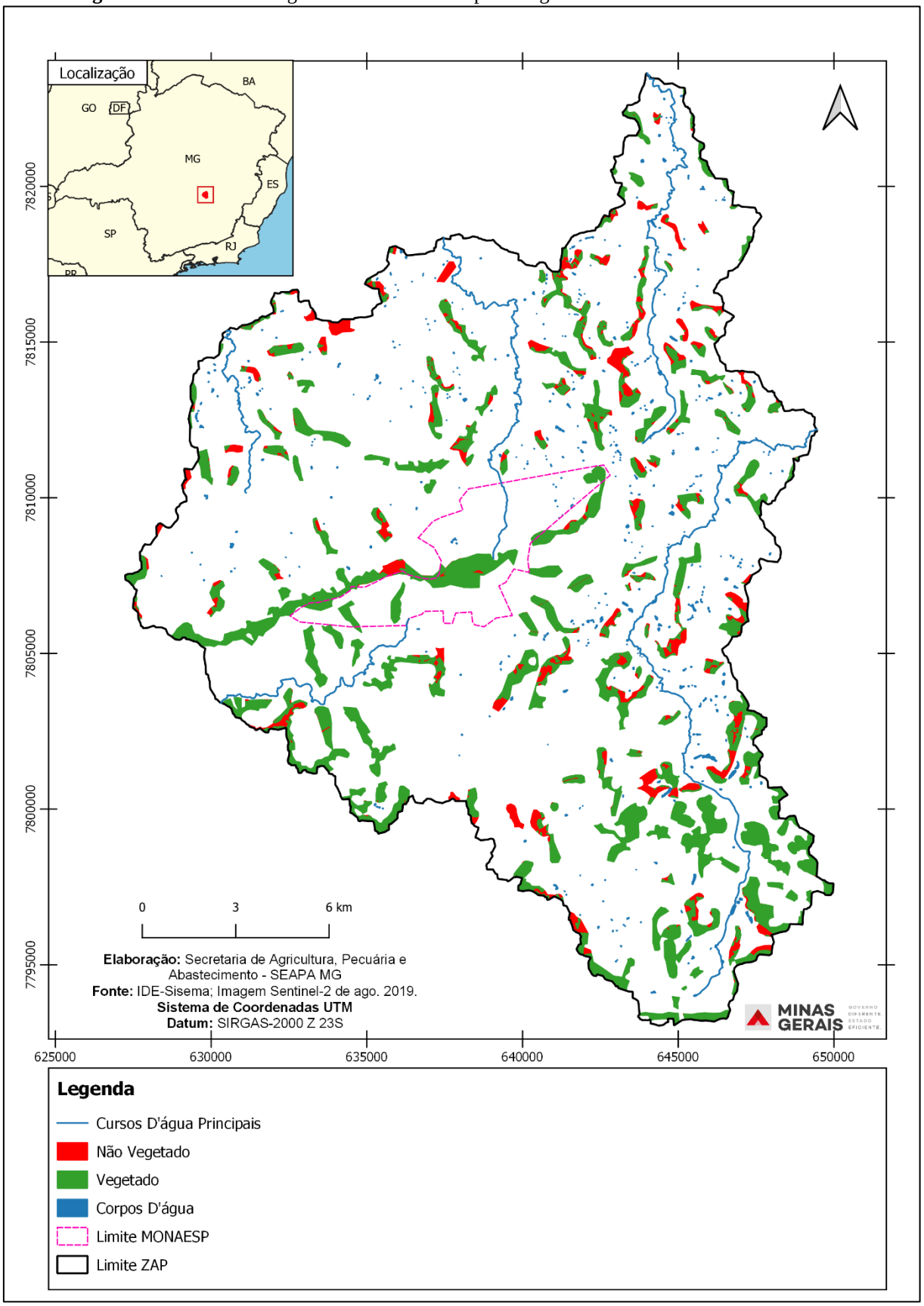
Cálculo para o ZAP Serra da Piedade:

$$I_{uso\ conflitante\ da\ sub-bacia} = \left(\frac{991{,}47}{37.758{,}04}\right).100 = 2{,}6\%$$

6.5 Cobertura Vegetal em Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso

As áreas de cobertura vegetal em colinas de topo alongado e cristas/afloramento rochoso para o ZAP Serra da Piedade são apresentadas na figura 27 abaixo. Para a geração deste índice, foram cruzadas as classes de Unidades de Paisagem: Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso com as classes de Uso e Ocupação do Solo: Afloramento Rochoso, Campos de Altitude, Cerrado/Campos, Silvicultura e Vegetação Densa.

Figura 27 – Cobertura Vegetal em Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso.



Fonte: Os autores, 2019.

Este índice corresponde às prováveis áreas de recarga hídrica que são inferidas através das classes de Unidades de Paisagem: Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso. O resultado total em área (hectares) por sub-bacia pode ser visto no quadro 9.

Quadro 9 - Relação de cobertura vegetal em colinas de topo alongado e cristas/afloramento rochoso por sub-bacias do ZAP Serra da Piedade.

Sub-bacia	Área Vegetada (ha)	Índice
Alto Ribeirão Vermelho	659,8	75,9%
Córrego Engenho Velho	314,8	59,2%
Alto e Médio Ribeirão Sabará	998,8	82,7%
Alto e Médio Ribeirão do Peixe	346,8	72,9%
Ribeirão Ribeiro Bonito	1390,7	78,1%
ZAP Serra da Piedade	3.710,9	76,3%

Fonte: Os autores, 2019.

6.6 Resumo dos Índices

A fim de sintetizar os índices calculados para este ZAP, são expostos no quadro 10 todos os valores. Também podem ser utilizados como comparativo a outros ZAPs elaborados para as bacias hidrográficas subjacentes, como por exemplo, aquelas dos afluentes do rio das Velhas, demonstrando quais delas têm prioridade em determinada ação de recuperação, adequação e conservação.

Quadro 10 - Resumo dos índices utilizados para o ZAP Serra da Piedade.

ÍNDICE	VALOR (%)
Índice de Conservação da Sub-bacia	63,7%
Índice de Antropização das APPs Hídricas	26,6%
Índice de Concentração de Nascentes	2,16
Índice de Uso Conflitante na Sub-bacia	2,6%
Índice de Cobertura Vegetal em Colinas de Topo Alongado e Cristas/Afloramento Rochoso	76,3%

Fonte: Os autores, 2019.

7. REFERÊNCIAS

EUCLYDES et al. **Atlas digital das Águas de Minas**. 3. ed. 2011. Disponível em: http://www.atlasdasaguas.ufv.br/. Acesso em:

FERNANDES, M. R. et al. **Minas Gerais: Caracterização de Unidades de Paisagem**. Belo horizonte, MG: EMATER-MG. 2013. 92 p.

IEPHA/MG. Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico em Minas Gerais — **Dossiê de Tombamento do Conjunto Paisagístico da Serra da Piedade**. Belo Horizonte. 2005.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Construção de Base Ottocodificada de Minas Gerais (Manual Técnico)**. Belo horizonte. 2012. 72 p.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no Estado de Minas Gerais** / Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da UFV. Belo Horizonte, 2012.

LAGE, Laura Beatriz. **Paisagem Cultural da Serra da Piedade – Caeté/MG**: A Interface entre Patrimônio Ambiental e Patrimônio Cultural. Dissertação de mestrado. UFMG: Belo Horizonte, 2011.

MINAS GERAIS. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Promulgada pela Assembleia Constituinte Estadual de 1989 no dia 21 de setembro de 1989.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual nº 46650 de 19 de novembro de 2014**, que aprova a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – e dá outras providências. Diário do Executivo de Minas Gerais, 20 de novembro de 2014.

MINAS GERAIS. D**ecreto nº 47.705, de 4 de setembro de 2019**. Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo de Minas Gerais, 5 de setembro de 2019.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa CERH - MG nº 09, de 16 de junho de 2004**. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Diário do Executivo de Minas Gerais, 3 de julho de 2004.

MINAS GERAIS. **Lei 15.178, de 16 de junho de 2004**. Define os limites da área de conservação da Serra da Piedade, conforme o art. 84, § 1º, do ato das disposições constitucionais transitórias da constituição do estado. Diário do Executivo de Minas Gerais, 17 de junho de 2004.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Diário do Executivo de Minas Gerais, 17 de outubro de 2013.

MINAS GERAIS. **Portaria IGAM nº 23, de 04 de maio de 2017**. Convalida a Declaração de Área de Conflito – DAC n° 005/2007, localizada na bacia hidrográfica do ribeirão Ribeiro Bonito, nos municípios de Caeté e Barão de Cocais/MG. Diário do Executivo de Minas Gerais, 5 de maio de 2017.

MINAS GERAIS. **Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019**. Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário do Executivo de Minas Gerais, 5 de outubro de 2019.

Planejamento Integrado de Desenvolvimento do Santuário Estadual Nossa Senhora da Piedade – PID/Santuário: contribuição para qualificação do uso, ocupação e desenvolvimento sociocultural, ambiental e espiritual / Coordenação de Miguel Ângelo Andrade. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2018. 164 p.: il.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Resolução SEMAD/IGAM nº 1548**. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Diário do Executivo de Minas Gerais, 30 março de 2012.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM Nº 2.634**. Institui Grupo de Trabalho para avaliação e proposição de Plano de Desenvolvimento de Base Conservacionista e Cultural da Serra da Piedade. Diário do Executivo de Minas Gerais, 15 de maio de 2018.

SEMAD/SEAPA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável/ Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Metodologia para Elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo**: ZAP de sub-bacias hidrográficas. 2ª Edição, 2016. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2016/ZAP/Metodologia_ZAP_-_2_edicao.pdf>.

SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br.

SISEMA**. Sistema Integrado de Informação Ambiental**. Belo Horizonte: SIAM. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/siam/login.jsp

SOUZA, S. M. T. (Coord.) **Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: COPASA : HIDROSISTEMAS, 1993.

USGS. **United States Geological Survey**. Earth Explorer. 2019. Disponível em https://earthexplorer.usgs.gov/.