

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Instituto de Geociências**

**Programa de Pós-Graduação em Geografia**

Guilherme de Oliveira Leão

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA APLICAÇÃO DO ZONEAMENTO  
AMBIENTAL E PRODUTIVO (ZAP) NO ESTADO DE MINAS GERAIS NA  
PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO SUSTENTÁVEL**

Belo Horizonte

2024

Guilherme de Oliveira Leão

**DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA APLICAÇÃO DO ZONEAMENTO  
AMBIENTAL E PRODUTIVO (ZAP) NO ESTADO DE MINAS GERAIS NA  
PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental

Linha de Pesquisa: Geografia Física

Orientadora: Dra. Adriana Monteiro da Costa

Belo Horizonte

2024

L437d  
2024

Leão, Guilherme de Oliveira.

Definição de áreas prioritárias para aplicação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) no estado de Minas Gerais na perspectiva do desenvolvimento agropecuário sustentável [manuscrito] / Guilherme de Oliveira Leão. – 2024.  
131 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Adriana Monteiro da Costa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 99-113.

Inclui apêndices e anexos.

1. Gestão ambiental – Minas Gerais – Teses. 2. Sistemas de informação geográfica – Teses. 3. Geoprocessamento – Teses. 4. Bacias hidrográficas – Teses. 5. Desenvolvimento sustentável – Teses. I. Costa, Adriana Monteiro da. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 528:577.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

### FOLHA DE APROVAÇÃO

"DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA APLICAÇÃO DO ZONEAMENTO AMBIENTAL E PRODUTIVO (ZAP) NO ESTADO DE MINAS GERAIS NA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO SUSTENTÁVEL"

**GUILHERME DE OLIVEIRA LEÃO**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 19 de março de 2024, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

**Adriana Monteiro da Costa**

IGC/UFMG

**Diego Rodrigues Macedo**

IGC/UFMG

**João Herbert Moreira Viana**

EMBRAPA

**Fábio Soares de Oliveira**

IGC/UFMG

**Maíse Soares de Moura**

IGC/UFMG

Belo Horizonte, 19 de março de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Monteiro da Costa**, Professora do Magistério Superior, em 21/03/2024, às 07:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Rodrigues Macedo**, Professor do Magistério Superior, em 21/03/2024, às 08:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Herbert Moreira Viana**, Usuário Externo, em 21/03/2024, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Soares de Oliveira**, Professor do Magistério Superior, em 25/03/2024, às 20:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maíse Soares de Moura**, Usuário Externo, em 27/03/2024, às 18:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3128431** e o código CRC **2C7A66CC**.

## RESUMO

O Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) é uma metodologia oficial do Estado Minas Gerais, que objetiva disponibilizar um conjunto de dados geoespaciais que permitam uma análise integrada para gestão do território nas bacias hidrográficas. Prioriza a análise dos recursos hídricos, potenciais naturais dos solos e uso e ocupação atuais com vistas ao planejamento conservacionista das atividades econômicas. Embora o ZAP seja uma ferramenta estratégica que fornece um diagnóstico que pode subsidiar a adoção de planos, projetos e programas importantes e necessário ao desenvolvimento agropecuário sustentável no Estado de Minas Gerais, a sua utilização como política pública, ainda não é uma realidade. Assim, este trabalho teve por objetivo identificar as áreas prioritárias para a elaboração de ZAPs no Estado de Minas Gerais, considerando o seu potencial de fornecer informações relacionadas ao desenvolvimento das atividades agropecuárias de forma sustentável, permitindo assim que os gestores públicos e empresas interessadas possam investir na aplicação da ferramenta de forma direcionada e que atenda às suas demandas por informações. Para tal, o método científico empregado utilizou-se de ferramentas de geotecnologias atuais e variáveis geoespaciais relacionadas ao ZAP para definir as áreas prioritárias para sua aplicação, além da participação de especialistas para dar pesos a estas variáveis. Os resultados das áreas prioritárias foram apresentados em diferentes escalas de análise, considerando diferentes níveis de otobacias além de delimitações territoriais na escala municipal, mesorregional e por circunscrições hidrográficas. Foram identificadas trinta bacias hidrográficas prioritárias, concentradas principalmente nas regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Noroeste de Minas Gerais. Dentre estas bacias, as de maior prioridade contam com maior demanda hídrica, áreas de conflito hídrico e concentração de usos agropecuários. As áreas prioritárias são condizentes em relação à maioria dos ZAPs que já foram aprovados pelo Estado ou que se encontram em análise, contudo ainda há uma grande área sem estudos diagnósticos de ZAP. Espera-se que a definição das áreas prioritárias possa subsidiar o governo de Minas Gerais na implementação efetiva da ferramenta como política pública no estado contribuindo de forma assertiva e direcionadas para ações que possam impulsionar o desenvolvimento sustentável das atividades agropecuárias no Estado.

**Palavras-chave:** gestão territorial ambiental; sistemas de informação geográfica; geoprocessamento; potencial de uso conservacionista

## ABSTRACT

The Environmental and Productive Zoning (EPZ or ZAP in its Portuguese acronym) is an official methodology of the Minas Gerais State, aiming to provide a set of geospatial data that enable an integrated analysis for territory management in the hydrographic basins. It prioritizes the analysis of water resources, natural soil potentials, and current land use and occupation, aiming at conservationist planning of economic activities. Although EPZ is a strategic tool that provides a diagnosis that can support the adoption of important plans, projects, and programs necessary for sustainable agricultural development in the State of Minas Gerais, its use as public policy is not yet a reality. Thus, this work aimed to identify priority areas for the elaboration of EPZs in the State of Minas Gerais, considering their potential to provide information related to the development of agricultural activities in a sustainable manner, thus allowing public managers and interested companies to invest in the targeted application of the tool that meets their information demands. To do so, the scientific method employed used current geotechnology tools and geospatial variables related to EPZ to define priority areas for its application, in addition to the participation of specialists to weigh these variables. The results of the priority areas were presented at different analysis scales, considering different levels of watershed subdivisions as well as territorial delineations at the municipal, mesoregional, and hydrographic basin levels. Thirty priority hydrographic basins were identified, mainly concentrated in the regions of Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba and Northwest of Minas Gerais. Among these basins, those of higher priority have higher water demand, areas of water conflict, and concentration of agricultural uses. The priority areas are consistent with most of the EPZs that have already been approved by the State or are under analysis; however, there is still a large area without EPZ diagnostic studies. It is expected that the definition of priority areas can support the government of Minas Gerais in the effective implementation of the tool as public policy in the state, contributing assertively and directed towards actions that can promote sustainable development of agricultural activities in the State.

**Keywords:** environmental territorial management; geographic information system; geoprocessing; environmental and productive zoning; conservation use potential

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Capa da primeira edição da metodologia ZAP publicada em 2014.....	32
<b>Figura 2</b> - Capa da segunda, terceira e quarta edição da metodologia ZAP publicadas em 2016, 2020 e 2023 .....	33
<b>Figura 3</b> - Estudos Aprovados de ZAP em Minas Gerais. ....	39
<b>Figura 4</b> - Mapa do Estado de Minas Gerais. ....	42
<b>Figura 5</b> - Modelo Digital de Elevação (MDE) de Minas Gerais.....	43
<b>Figura 6</b> - Mapa de Declividade de Minas Gerais.....	43
<b>Figura 7</b> - Mapa hidrográfico de Minas Gerais. ....	44
<b>Figura 8</b> - Mapa dos Usuários Vigentes de Água Superficial em Minas Gerais.....	45
<b>Figura 9</b> - Mapas de Captação de Água Superficial (esquerda) e número de Usuários de Água Superficial (direita) pelo método de kernel. ....	46
<b>Figura 10</b> - Áreas de Conflito Hídrico por uso de água superficial declaradas e vigentes pelo IGAM no Estado de Minas Gerais. ....	46
<b>Figura 11</b> - Mapa do Índice de Segurança Hídrica (ISH) para o Estado de Minas Gerais.....	47
<b>Figura 12</b> - Mapa pedológico de Minas Gerais. ....	48
<b>Figura 13</b> - Mapa Litológico de Minas Gerais (Legenda vide Anexo B).....	49
<b>Figura 14</b> - Mapa Climatológico do Estado de Minas Gerais. ....	50
<b>Figura 15</b> - Mapa do Uso e Ocupação da terra no Estado de Minas Gerais.....	51
<b>Figura 16</b> - Fluxo dos processos de pesquisa e da metodologia pretendida. ....	54
<b>Figura 17</b> - Grade Hexagonal utilizada sobre o Estado de Minas Gerais.....	67
<b>Figura 18</b> - Correlação entre as variáveis utilizadas.....	69
<b>Figura 19</b> - Variáveis de Recursos Hídricos aplicadas à grade hexagonal em Minas Gerais. ....	71
<b>Figura 20</b> - Variável de PUC aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais. ....	72
<b>Figura 21</b> - Variável de Cobertura do solo aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais. ....	73
<b>Figura 22</b> - Variáveis Ambientais aplicadas à grade hexagonal em Minas Gerais. ....	77
<b>Figura 23</b> - Variável Número de Estabelecimentos Agropecuários, única inclusa na categoria Temáticas Diversas, aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais. ....	78
<b>Figura 24</b> - Resultado das áreas prioritárias para aplicação do ZAP em Minas Gerais na perspectiva do desenvolvimento agropecuário sustentável. ....	82
<b>Figura 25</b> - Comparação do Resultado com as Circunscrições Hidrográficas. ....	86
<b>Figura 26</b> - Comparação do resultado com os ZAPs atualmente aprovados.....	89
<b>Figura 27</b> - Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 5.....	90
<b>Figura 28</b> - Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 6.....	92

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Principais legislações ambientais no Brasil.....	16
<b>Tabela 2</b> - Classes de uso e ocupação da terra, área aproximada e representatividade para Minas Gerais.....	51
<b>Tabela 3</b> - Estatística descritiva das variáveis utilizadas.....	70
<b>Tabela 4</b> - Consolidação das respostas do formulário (APÊNDICES B e C) aplicado.....	80
<b>Tabela 5</b> - Hexágonos com valor mínimo e máximo de priorização após todos os procedimentos.....	81
<b>Tabela 6</b> - Resultado da prioridade para aplicação do ZAP por mesorregiões de Minas Gerais.....	84
<b>Tabela 7</b> - Prioridade de aplicação do ZAP por Município (os 10 com prioridade mais alta).....	85
<b>Tabela 8</b> - Prioridade de aplicação do ZAP por Circunscrição Hidrográfica.....	86
<b>Tabela 9</b> - Valores de Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 5.....	90

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Variáveis utilizadas na definição de áreas prioritárias para aplicação do ZAP*.....	56
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE - Avaliação Ambiental Estratégica  
AAI - Avaliação Ambiental Integrada  
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
APP - Áreas de Preservação Permanente  
CGZAP - Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental e Produtivo  
CH - Circunscrição Hidrográfica  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
EIA - Estudo de Impacto Ambiental  
EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente  
GPS - Sistema de Posicionamento Global  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IDE-Sisema - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente  
IDHS - Índice de Demanda Hídrica Superficial  
IEF - Instituto Estadual de Florestas  
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas  
IMA - Instituto Mineiro de Agropecuária  
ISA - Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas  
ISH - Índice de Segurança Hídrica  
NEPZAP - Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo  
PAIS - Política Estadual de Agricultura Irrigada Sustentável  
PBH - Planos de Bacias Hidrográficas  
PDAI - Plano Diretor de Agricultura Irrigada para Minas Gerais  
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente  
PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos  
PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos  
PRA - Programa de Regularização Ambiental  
PUC - Potencial de Uso Conservacionista  
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte  
SEAPA - Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais  
SECEX - Secretaria de Comércio Exterior  
SEMAD – Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente  
SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente  
SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos  
UPGRH - Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos  
UP - Unidades de Paisagem  
ZAP - Zoneamento Ambiental e Produtivo  
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1 REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Instrumentos de gestão territorial/ambiental.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 A aplicação de instrumentos de gestão ambiental em políticas públicas .....</b>	<b>22</b>
<b>1.3 Desenvolvimento agropecuário sustentável .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4 O papel das geotecnologias em instrumentos de gestão territorial/ambiental .....</b>	<b>29</b>
<b>1.5 O Zoneamento Ambiental e Produtivo .....</b>	<b>31</b>
1.5.1 Unidades de Paisagem .....	34
1.5.2 Potencial de Uso Conservacionista (PUC) .....	34
1.5.3 Cálculo do Índice de Demanda Hídrica Superficial.....	36
1.5.4 Uso e Ocupação da terra .....	37
1.5.5 Resultados Finais do ZAP.....	37
1.5.6 Cenário atual .....	38
<b>1.6 Definição de áreas prioritárias.....</b>	<b>39</b>
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>42</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>54</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1 Análise estatística .....</b>	<b>69</b>
<b>4.2 Pré-resultados de cada variável .....</b>	<b>71</b>
<b>4.3 Aplicação dos pesos à cada variável .....</b>	<b>78</b>
<b>4.4 Análise dos resultados.....</b>	<b>81</b>
4.4.1 Por mesorregião .....	84
4.4.2 Por município.....	84
4.4.3 Por circunscrição hidrográfica .....	85
4.4.4 Por ZAPs elaborados.....	87
4.4.5 Por bacias hidrográficas .....	89
<b>4.5 Sugestões de aplicação em política pública.....</b>	<b>92</b>
<b>5 REFLEXÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE A – Diferenças entre as edições da metodologia ZAP .....</b>	<b>114</b>

<b>APÊNDICE B – Formulário de pesquisa para aplicação de peso às variáveis selecionadas .....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE C – Respostas ao formulário de pesquisa para aplicação de peso às variáveis selecionadas.....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICE D – Prioridade de aplicação do ZAP por Circunscrição Hidrográfica.....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO A – Transcrição da Entrevista de Amarildo José Brumano Kalil.....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO B – Legenda do Mapa de Litologia.....</b>	<b>131</b>

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade de investigação utilizada nas gestões territorial e ambiental no Brasil, adotada por setores públicos e privados. Desde a década de 1970, tem-se registros de trabalhos realizados com ênfase neste território, os quais impulsionaram a composição de instituições ligadas às bacias hidrográficas (PORTO, 2008). Experiências como estas acenderam a importância de instrumentos para a gestão das bacias e atenção a estes territórios, diversos socioambientalmente.

Mais adiante, ratificou-se esta relevância, justificada pelo que propôs a Lei N° 9.433/1997, uma vez que, é a partir dela que se reconhece, oficial e legalmente, a bacia hidrográfica como “[...] a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos [...]” (BRASIL, 1997). Assim, trouxe-se ainda maior visibilidade às bacias para gestão territorial, sobretudo na esfera pública, e pelo seu caráter interdisciplinar, possibilitando analisar tanto os processos do meio físico (principalmente, hidrológicos) e interações antrópicas, quanto às condições produtivas e socioeconômicas.

É neste contexto que esta dissertação trata de proposta de suporte e melhoria (com a definição de áreas prioritárias), aplicável a um instrumento de gestão do Estado de Minas Gerais, denominado Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) (CGZAP, 2023). Instrumento cuja finalidade é o estudo de bacias hidrográficas, com diagnóstico atento às práticas produtivas, de conservação do solo e aos recursos hídricos, majoritariamente, na emergência dos conflitos.

Ainda que a definição de bacia hidrográfica, didaticamente, seja centrada nos recursos hídricos e à paisagem, como “[...] uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório” (TUCCI, 1993, p. 40), é premissa importante considerar as características biofísicas, as formas de ocupação, qualidade ambiental e uma série de variáveis que se inter-relacionam, ao dependerem dos recursos hídricos e da estrutura da bacia, proporcionando ecossistemas e serviços ecossistêmicos únicos (CUNHA & GUERRA, 2003; SCHIAVETTI & CAMARGO, 2005; BERNARDI *et al.*, 2012).

Neste sentido a bacia hidrográfica permite análises ambientais e socioeconômicas integradas, quando aplicada a diferentes instrumentos de gestão tais como: no Plano Nacional de Recursos Hídricos (Incluem-se os Planos de Manejo de Bacias Hidrográficas, as outorgas do direito de uso dos recursos hídricos, o enquadramento de recursos hídricos, entre outros); no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) (BRASIL, 2002); no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (BRASIL, 2019a); nos Planos Diretores e de Saneamento Básico (BRASIL, 2019b), entre

outros. Em Minas Gerais, pode-se citar como destaque, a Avaliação Ambiental Integrada – AAI (MINAS GERAIS, 2018) e a Avaliação Ambiental Estratégica – AAE (MINAS GERAIS, 2003); e o Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) (MINAS GERAIS, 2014).

O ZAP é um instrumento de gestão territorial e ambiental, cujo desenvolvimento e metodologia oficial foram elaborados pelo Estado de Minas Gerais, voltado à aplicação em estudos das bacias hidrográficas. Institucionalizado sob a forma do Decreto nº 46.650/2014, objetiva a disponibilização de “[...] informações que subsidiarão a formulação, a implantação e o monitoramento de planos, programas, projetos e ações que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão ambiental por território no Estado” (MINAS GERAIS, 2014).

Até o momento (março/2023), foram aceitos e avaliados por um Comitê Gestor, vinte e dois Zoneamentos, realizados por entidades estatais ou por consultorias e pela Academia, cuja principal motivação é a demanda para a resolução de conflitos hídricos, seguida do diagnóstico ambiental — como foi o caso do ZAP para mosaico de bacias do Rio Doce, após o rompimento da Barragem de Fundão, em 2015 (SEAPA, 2023). Mas, apesar de constituir metodologia consistente, constantemente revisada, há lacunas que persistem desde sua implantação.

É o caso do requisito, em área delimitada, para aplicação do ZAP que, atualmente, deve ser em bacias que tenham entre 15 mil e 55 mil hectares (FEAM/SEAPA, 2020; CGZAP, 2023), correspondente às bacias ottocodificadas de Nível 6 (IGAM, 2012). Considerando a área do estado e que o ZAP é aplicado em bacias com média de 30 mil hectares, seriam aproximadamente, duas mil bacias, nestas proporções, porém esta definição é, tampouco por prioridade, baseada em verdade de campo, dinâmicas e demandas ambientais e territoriais, sendo, meramente, matemática. Contudo, não há uma definição de quais áreas teriam prioridade para aplicação de ZAP, sendo que atualmente os estudos são demandados pelos próprios atores das bacias após conhecimento sobre o mesmo.

O ZAP teve na sua concepção metodológica premissas de sustentabilidade voltadas para a agricultura irrigada (KALIL, 2018) se tornando um importante instrumento para o diagnóstico dessas áreas, e utilizado principalmente para resolução de conflitos hídricos. Assim, a ferramenta desde então incorpora métodos que auxiliam na gestão territorial de bacias hidrográficas, majoritariamente agrícolas, constituindo-se em uma ferramenta de diagnóstico que visa auxiliar o desenvolvimento das atividades agropecuárias de forma sustentável. Neste contexto, a identificação de áreas aptas à aplicação do ZAP no estado de Minas Gerais pode subsidiar a gestão das bacias hidrográficas de forma assertiva e eficaz contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável no Estado.

Acrescenta-se a isso a ausência em Minas Gerais de um planejamento, de reconhecimento territorial, que seja estratégico para aplicação do ZAP, que considere bacias com questões de relevância (potencialidades das bacias ou mitigação de impactos, por exemplo). Ou seja, não há definição de áreas prioritárias, que contemplem, atentamente, os aspectos ambiental e produtivo e, desta forma favoreça à criação de políticas públicas que possam se beneficiar das informações oriundas dos estudos preconizados pelo ZAP.

A inexistência da definição de áreas que seriam prioritárias à aplicação do ZAP faz com que o método não tenha sido ainda implementando em políticas públicas e em estudos mais amplos, sendo desta forma ainda, difundido apenas em análises locais, onde já se observaram contribuições significativas do método para a gestão do território. Com a definição destas áreas espera-se subsidiar o poder público a direcionar ações para os locais de maiores demandas para aplicação do ZAP, contribuindo para a gestão integrada e efetiva dos territórios.

Assim, este trabalho tem por objetivo a definição de áreas prioritárias para aplicação do ZAP, com foco nas atividades agropecuárias, no Estado de Minas Gerais utilizando para tal ferramentas de geoprocessamento. Têm-se como objetivos específicos:

- a) aplicar um método composto (hexágonos e pesos a variáveis) para definição de áreas prioritárias;
- b) selecionar critérios potenciais relacionados ao ZAP utilizando referências acadêmicas, profissionais e atribuir-lhes pesos através de formulários de pesquisas aplicados a atores e agentes que utilizam o ZAP
- c) produzir um mapa final com áreas prioritárias, coerente com o objetivo principal desta pesquisa, para as bacias hidrográficas no Estado de Minas Gerais.

Espera-se que a definição destas áreas possibilite a condução mais assertiva das aplicações do instrumento ZAP de forma que possa ser inserido nas políticas públicas no Estado, orientando planos e ações através das informações integradas geradas pela ferramenta.

Este trabalho é dividido em 6 capítulos, onde em um primeiro momento se disserta sobre o arcabouço referencial teórico relacionado à instrumentos de gestão ambiental territorial, como o ZAP, e técnicas utilizadas para definição de áreas prioritárias. No segundo capítulo se discorre sobre a caracterização da área, no caso, o Estado de Minas Gerais utilizando-se principalmente das bases e informação que serão aplicadas na definição e na discussão das áreas prioritárias resultas. Já o terceiro capítulo evidencia os procedimentos metodológicos escolhidos para se executar no resultado. O quarto capítulo apresenta resultados para as áreas prioritárias a partir

da execução dos procedimentos mencionados no terceiro capítulo. O quinto capítulo encerra essa dissertação de qualificação com as considerações e reflexões, enquanto o sexto capítulo apresenta todas as referências utilizadas.

# 1 REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

## 1.1 Instrumentos de gestão territorial/ambiental

Os instrumentos de gestão ambiental são ferramentas utilizadas para avaliar e controlar o impacto ambiental de atividades humanas, incluindo a indústria, agricultura e construção civil. Eles desempenham um papel importante na preservação do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável (QUINTAS, 2006; NASCIMENTO, 2012).

A história da gestão ambiental remonta aos primórdios da humanidade, quando as sociedades antigas já utilizavam técnicas para preservar suas fontes de água e terra fértil. No entanto, a concepção de que a gestão ambiental é uma responsabilidade social e governamental só começou a se desenvolver no século XX, conforme Santos (2004, p. 16):

no final do século passado, foram trabalhados vários tipos de planejamento setorial, cuja discussão central ainda estava voltada aos terrenos urbanos e às múltiplas funções de uma cidade, porém, com maior desenvolvimento teórico de planejamentos setoriais da área econômica e de recursos hídricos.

É notável que as primeiras experiências foram aplicadas aos recursos hídricos, sendo desenvolvido em 1930 métodos multicriteriais para avaliação de custo/benefício do uso da água doce, surgindo a ideia do planejamento/gestão ambiental baseado em bacias hidrográficas (SANTOS, 2004). Ainda assim, a questão ambiental não era totalmente integrada à sociedade e era pensada principalmente na política do protecionismo, mas com o avançar do tempo foi possível “torná-la, pouco a pouco, uma parte de nossa existência legal, política e moral (...), passando do exterior ao interior do mundo social” (SANTOS, 2004, p. 17, acréscimos do autor).

Já em 1962, o livro "*Silent Spring*" da escritora Rachel Carson chamou a atenção para os perigos da poluição e da destruição ambiental, impulsionando um movimento em defesa do meio ambiente e a sensibilizar a opinião pública sobre a importância da preservação do meio ambiente (CARSON, 2002), principalmente nos Estados Unidos lançando o movimento ambientalista. Dez anos depois, em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo na Suécia, marcou o início da conscientização internacional sobre a importância da gestão ambiental, sendo adotado formalmente o conceito de “desenvolvimento sustentável<sup>1</sup>”.

---

<sup>1</sup> “O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.” (Nosso Futuro Comum – Relatório de Brundtland: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>)

Neste mesmo período, no Brasil, começou a se preocupar com questões ambientais, principalmente em decorrência da construção de grandes barragens hidrelétricas e da intensificação da exploração florestal. A política ambiental no país começou a se desenvolver em 1934 com a constituição do Código Florestal e Código de Águas, do novo Código Florestal (1965) e da Lei da Proteção à fauna (1967).

Apesar da existência de legislação ambiental, é importante destacar que os governos brasileiros historicamente negligenciaram a proteção do meio ambiente, muitas vezes devido à crença de que a pobreza incentivava a emissão de poluentes e a exploração desenfreada dos recursos naturais (SANTOS, 2004). Priorizavam-se os investimentos na esfera econômica, sem considerar adequadamente as consequências para o meio ambiente, já que se tinha essa ideia de que o enriquecimento erradicaria a pobreza, e conseqüentemente, a poluição.

No final da década de 80, o Brasil foi um dos primeiros países a criar leis específicas para a gestão ambiental, como a Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981 - PNMA) e a Lei de Criminalização do Desmatamento (Lei nº 7.803/1989). Foi a partir da PNMA com a criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que foram formuladas diretrizes de avaliação de impacto, zoneamento ambientais, planejamento e gerenciamento, utilizando a bacia hidrográfica como unidade territorial de análise.

Nesse contexto foram concebidos os planos de bacias hidrográficas (PBH), os estudos de impacto ambiental, incorporação do planejamento ambiental dentro dos planos diretores municipais e diversos outros instrumentos que tinham como objetivo o desenvolvimento sustentável, a qualidade de vida e o papel da relação sociedade meio-ambiente.

Somente a partir de 1989 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) foi criado<sup>2</sup>, tornando-se a principal instituição responsável pela implementação da política ambiental no país.

No início da década de 1990, o país assistiu a um aumento significativo da participação da sociedade na formulação de políticas ambientais, com a criação de organizações não governamentais (ONGs) e movimentos sociais em defesa do meio ambiente. Em 1992, o Brasil participou e sediou a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

---

<sup>2</sup> O IBAMA foi criado a partir da fusão de quatro instituições ambientais brasileiras da época: a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), a Superintendência da Borracha (SUDHEVEA) e a Superintendência de Pesca (SUDEPE), através da lei nº 7.735 de 22 de fevereiro de 1989.

(ECO-92), realizada no Rio de Janeiro, que resultou na criação da Agenda 21, um plano de ação global para o desenvolvimento sustentável, além de documentos como a Convenção sobre mudança climática, Convenção sobre a diversidade biológica, Princípios para manejo e conservação de florestas, Declaração do Rio, entre outros.

Santos (2004, p. 20) relembra:

Dentre os quarenta capítulos da Agenda 21, que versa sobre os mais diferentes temas, o Cap. 7 faz uma referência particular para o planejamento rural e urbano, recomendando a avaliação das atividades humanas, do uso da terra e a ordenação desejada dos espaços dentro dos preceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade desdobrados em suas dimensões econômica, social, ambiental, política e cultural.

Com o desenvolvimento desse cenário, integrou-se a conservação e preservação dos recursos naturais às políticas públicas, com o entendimento de que a não ação neste campo traria impactos negativos na qualidade de vida da população.

Assim, essa estratégia exigiria “a espacialização de um conjunto de dados que necessitavam ser comparados, sobrepostos e avaliados de maneira holística” (SANTOS, 2004, p.18). Desde então, vários instrumentos de gestão ambiental foram criados para subsidiar governos e empresas na avaliação e controle do impacto ambiental de suas atividades. Alguns dos instrumentos mais comuns incluem o Licenciamento Ambiental, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e a Auditoria Ambiental.

Ao longo dos anos, estes instrumentos foram aperfeiçoados e tornaram-se cada vez mais sofisticados, permitindo uma avaliação mais precisa do impacto ambiental e uma melhor tomada de decisão, principalmente com o avanço das geotecnologias.

Desde então, o país e o Estado de Minas Gerais têm trabalhado para implementar medidas de gestão ambiental, incluindo a regulamentação de atividades que causam impacto ambiental, a promoção de práticas sustentáveis e a aplicação de instrumentos de planejamento ambiental, como o ZAP em Minas Gerais.

Ademais, o Brasil tem se destacado na implementação de programas de conservação de áreas naturais, como as Unidades de Conservação e as Terras Indígenas incluindo a elaboração de diversas legislações dessa competência (Tabela 1).

**Tabela 1** - Principais legislações ambientais no Brasil.

<b>Tipo de Norma</b>	<b>Data</b>	<b>Assunto</b>
<b>Decreto nº 23.793</b>	23/01/1934	Aprova o Código Florestal.

<b>Decreto nº 24.643</b>	10/07/1934	Institui o Código de Águas.
<b>Lei nº 4.771</b>	15/09/1965	Institui o Novo Código Florestal.
<b>Lei nº 5.197</b>	03/01/1967	Dispõe sobre a Proteção à Fauna.
<b>Decreto-Lei nº 221</b>	28/02/1967	Dispões sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências.
<b>Decreto-Lei nº 289</b>	28/02/1967	Cria o Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal e dá outras providências.
<b>Lei nº 6.513</b>	20/12/1977	Dispões sobre a criação de Áreas Especiais e de Locais de Interesse Turístico; sobre o inventário com finalidades turísticas dos bens de valor cultural e natural.
<b>Lei nº 6.902</b>	27/04/1981	Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências.
<b>Lei nº 6.938</b>	31/08/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências.
<b>Res. CONAMA nº 001</b>	23/01/1986	Estabelece as diretrizes para a avaliação de impacto ambiental.
<b>Lei nº 7.511</b>	07/07/1986	Altera dispositivos da Lei 4.711.
<b>Constituição Federal do Brasil</b>	05/10/1988	Capítulo VI - Do Meio Ambiente: Artigo 22.
<b>Lei nº 7.735</b>	22/02/1989	Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências.
<b>Lei nº 7.804</b>	18/07/1989	Altera a Lei nº 6.938.
<b>Decreto nº 99274</b>	06/06/1990	Regulamenta a Lei nº 6.938 e a Lei nº 6.902.
<b>Decreto nº 1354</b>	29/12/1994	Institui, no âmbito do Ministério do meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, o Programa Nacional de Diversidade Biológica e dá outras providências.
<b>Lei nº 9.433</b>	08/01/1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
<b>Lei nº 9.605</b>	12/02/1998	Lei de Crimes Ambientais - dispões sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.
<b>Lei nº 9.985</b>	18/06/2000	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal.
<b>Res. CONAMA nº 302</b>	20/03/2002	Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
<b>Res. CONAMA nº 303</b>	20/03/2002	Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
<b>Res. CONAMA nº 357</b>	17/05/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

<b>Res. CONAMA nº 420</b>	28/12/2009	Trata sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, além de estabelecer diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
<b>Res. CONAMA nº 430</b>	13/05/2011	Altera e complementa parcialmente a Resolução Nº 357, dispondo sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores.
<b>Lei nº 12.651</b>	25/05/2012	Revoga o Código Florestal Brasileiro de 1965 e define que a proteção do meio ambiente natural é obrigação do proprietário mediante a manutenção de espaços protegidos de propriedade privada, divididos entre Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).

---

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em Santos, 2004.

Trazendo para a esfera estatal, Minas Gerais é um estado brasileiro com uma rica história, cultura e biodiversidade. Com sua grande extensão territorial e diversidade de biomas, a gestão ambiental é desafiadora e de extrema importância para garantir a preservação dos recursos naturais e a sustentabilidade do estado. Nesse sentido, o governo de Minas tem desenvolvido diversas políticas e programas de gestão ambiental nos últimos anos.

Uma das principais iniciativas é o Plano Estadual de Recursos Hídricos<sup>3</sup>, que visa garantir o uso sustentável da água em todo o estado. O plano estabelece diretrizes para a gestão dos recursos hídricos, como a preservação das áreas de recarga dos aquíferos, a promoção da eficiência no uso da água, a recuperação de áreas degradadas e a prevenção e controle da poluição. O Estado de Minas ainda conta com diversas agências reguladoras que trabalham para garantir a qualidade da água e do ar, bem como a gestão de resíduos sólidos.

Outra iniciativa importante é o Programa de Regularização Ambiental (PRA), que tem como objetivo regularizar as propriedades rurais que não estão em conformidade com a legislação ambiental. O programa incentiva os proprietários a adotarem práticas sustentáveis em suas propriedades, como a recuperação de áreas degradadas, a conservação da biodiversidade e a redução da emissão de gases de efeito estufa, oferecendo incentivos financeiros para aqueles que o aderem (IEF, 2021).

---

<sup>3</sup> O PERH-MG foi concluído em 2010 e aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos através da Deliberação CERH/MG, nº 260 de 26 de novembro de 2010 e pelo Governo de Minas por meio do Decreto nº 45.565 de 22 de março de 2011. Atualmente se encontra em processo de atualização desde 2022 tendo sua construção alinhada ao PNRH (IGAM, 2022a).

Na pegada do carbono, Minas tem investido em energias renováveis, como a energia solar (há grandes parques solares concentrados na região noroeste e no triângulo mineiro) – liderando o ranking nacional – e eólica, também tem incentivado a produção de biocombustíveis, como o etanol (MINAS GERAIS, 2021; MINAS GERAIS, 2023). Essas iniciativas ajudam a reduzir a emissão de gases de efeito estufa e promovem a transição para uma economia de baixo carbono.

E para que estas ações e iniciativas continuem se desenvolvendo, é fundamental a aplicação de instrumentos de gestão territorial ambiental que auxiliam na identificação dos impactos destes empreendimentos e na aplicação destes programas. Atualmente em Minas, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) é responsável pela gestão da maioria dos instrumentos de gestão territorial, como a AAE, a AAI, o ZEE e o ZAP, sendo todos focados no planejamento ambiental territorial, zoneamentos e avaliações ambientais (FEAM, 2023).

No entanto, para que todos estes instrumentos de gestão funcionem adequadamente, Rodriguez e Silva (2013), propõe um planejamento dividido em seis fases: de organização, de inventário, de análise, de diagnóstico, propositiva e de execução. Ainda que o ZAP não seja um instrumento tão robusto a ponto de detalhar todas as fases propostas pelos autores, ele pode ser considerado um instrumento de planejamento ambiental. É de sua premissa ser uma ferramenta onde sua:

[...] aplicação [...] permite uma avaliação preliminar do potencial de adequação de uma sub-bacia. É o primeiro passo para efetivar o processo de adequação propriamente dito, que envolve a elaboração de planos, pactos e ações e a definição de indicadores para acompanhamento e avaliação. Assim, o ZAP consiste em informações do meio natural e produtivo que podem contribuir significativamente para as diretrizes de ordenamento do uso do solo no âmbito das bacias hidrográficas. (SEMAD/SEAPA, 2016, p. 8-9)

O ZAP se insere, então, na fase de diagnóstico, dentro dos objetivos que o instrumento busca. Não se compara o ZAP, por exemplo, à Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), uma vez que a AAE possui objetivos diferenciados do ZAP e necessita de informações e dados compatíveis ao instrumento.

Importante frisar que todo instrumento que visa fornecer um planejamento ambiental (ou pelo menos auxiliar neste planejamento) necessita de uma unidade de análise e, seguindo o desenvolvimento das legislações internacionais e nacionais, o ZAP se concentra nas bacias hidrográficas. Santos (2004, p. 40) afirma que:

O critério de bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras

topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas. Esta unidade territorial é entendida como uma caixa preta, onde os fenômenos e interações podem ser interpretados, a priori, pelo input e output. Neste sentido, são tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram.

Tucci (1993) deixa claro que a compreensão das características da bacia hidrográfica é essencial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos e ambientais. A gestão de uma bacia hidrográfica envolve o monitoramento da qualidade e quantidade de água, a identificação de áreas prioritárias para a conservação ambiental, a implementação de práticas sustentáveis para a gestão da água, a prevenção de desastres naturais, entre outras ações.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade territorial evidencia a gestão dos recursos hídricos o qual é destaque em diversos instrumentos ambientais, uma vez que a água “é um recurso natural de atenção máxima a ser dada no planejamento ambiental” (ROSS, 1995, p. 69). Especialmente para o ZAP, o qual foi concebido sob a ótica da agricultura irrigada, onde a água e sua interação com o meio é o principal recurso de análise permeado em um dos seus três principais produtos (Índice de Demanda Hídrica Superficial) e, quando um instrumento de gestão territorial não dá a devida atenção aos recursos hídricos:

qualquer planejamento estará condenado ao fracasso, a médio ou longo prazo, face ao esgotamento das potencialidades, perdas de qualidade por uso abusivo dos corpos d'água como diluidores de resíduos ou para irrigação da agricultura, ou alimento para os rebanhos da pecuária, ou geração de energia. Planejar e gerenciar a utilização das águas é importante tarefa a ser desempenhada pelas instituições públicas responsáveis pelo desenvolvimento econômico, social e de conservação / preservação ambiental (ROSS, 1995, p.69).

Tal pensamento já defasado, o foco predominante estava na água como recurso fundamental para o sustento da vida e atividades humanas, como irrigação, produção de energia e abastecimento. No entanto, atualmente, há um reconhecimento crescente da importância dos serviços ecossistêmicos, que englobam não apenas o papel da água, mas também outros benefícios fornecidos pelos ecossistemas, como a regulação do clima, a purificação do ar e da água, a polinização, entre outros. Isso reflete uma compreensão mais ampla e integrada da relação entre a natureza e o bem-estar humano, destacando a necessidade de conservação e manejo sustentável dos ecossistemas.

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios diretos e indiretos que os ecossistemas oferecem aos seres humanos e à natureza (MUÑOZ & FREITAS, 2017). Eles incluem desde a produção de alimentos, regulação do clima, fornecimento de água potável até o controle de pragas e a

recreação. Esses serviços são essenciais para o bem-estar humano e para a manutenção da biodiversidade.

Neste contexto, há evoluções conceituais a serem realizadas no próprio instrumento para que embarque o contexto dos serviços ecossistêmicos, mesmo que não estejam diretamente citados em seu texto metodológico, sendo claro ainda o foco nos recursos hídricos, ainda assim quando pensado nas suas recentes aplicações.

De maneira geral, o tamanho da bacia hidrográfica influencia os resultados de instrumentos que a usam como unidade territorial (SANTOS, 2004). A AAI para empreendimentos hidrelétricos no Estado de Minas Gerais, por exemplo, leva em conta bacias hidrográficas de grandes extensões (identificadas como Circunscrições Hidrográficas, antigas UPGRHs), visto que o impacto de um empreendimento deste porte pode acometer toda a área em sua volta, incluindo outras bacias (SEMAD, 2019).

O ZAP, por sua vez, contempla tamanhos menores de bacia hidrográfica (identificadas como sub-bacias), o que facilita o planejamento, “seja por razões técnicas (como tornar mais simples e efetiva a espacialização dos dados) seja por razões estratégicas, pela maior facilidade de garantir participação popular e individualizar os problemas principais” (SANTOS, 2004, p. 41).

Há de se notar que estabelecer um limite específico, principalmente de tamanho (como faz o ZAP em todas suas edições), pode ser inadequado dado que as variáveis espaciais econômicas, sociais, culturais e políticas nem sempre obedecem ao limite de uma bacia hidrográfica. Isso é evidente quando tenta se ajustar os dados socioeconômicos para a ferramenta, que em sua maioria são para limites municipais, podendo sub ou superestimar informações em razão da escala dos dados e forma de representação.

Essa pode ser a razão pela qual o instrumento atualmente não incorpora dados socioeconômicos em suas análises, o que pode comprometer significativamente seu diagnóstico na sua esfera “produtiva”. Por conta disso, há lacunas a serem preenchidas para que o ZAP se torna cada vez mais um instrumento de gestão territorial robusto e utilizado nacionalmente.

Em resumo, a trajetória da gestão ambiental no Brasil e em seus estados tem sido marcada por avanços e desafios, mas também por uma crescente conscientização sobre a importância da preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável. Embora ainda haja muito a ser feito, especialmente considerando o constante avanço tecnológico que abre novas possibilidades para alcançar a sustentabilidade, tanto o governo federal quanto os estaduais têm potencial para se tornar referências globais ainda mais sólidas em gestão ambiental.

## 1.2 A aplicação de instrumentos de gestão ambiental em políticas públicas

A aplicação de instrumentos de gestão territorial e ambiental em políticas públicas é uma estratégia importante para o desenvolvimento sustentável, pois permite a integração dos aspectos ambientais, sociais e econômicos na tomada de decisões relacionadas ao uso e ocupação do território. No entanto, é um assunto relativamente novo no meio político, tendo até o início do milênio sua base e aplicação mais voltada para os caracteres econômicos de empresas privadas, onde se tinha/tem a ideia de que preservar o ambiente trazia/traz mais lucro e é bem-visto pelo mercado (BARATA *et al.*, 2007).

A abordagem política das questões ambientais se desenvolveu principalmente através de autores como André Gorz (BARBOSA & FRACALANZA, 2021), Jean Pierre Dupuy (DUPUY, 1980), Herbert Marcuse (DIAS, 2022), Edgar Morin (ROCHA & LUZIO-DOS-SANTOS, 2020), entre outros, os quais trouxeram os conceitos de política e gestão ambiental para a discussão acadêmica (LIMA, 2011) que por sua vez influenciou, mesmo que indiretamente, a formulação de legislações ambientais no Brasil.

No contexto do ZAP e de outros instrumentos de gestão ambiental públicos (sejam federais ou estaduais), utiliza-se aqui os conceitos expressos por Barbieri (2006) que afirma que a política ambiental envolve não apenas o poder público, mas também a sociedade em geral, incluindo empresas, organizações não governamentais, comunidades locais e indivíduos. Ele enfatiza a importância da participação ativa da sociedade na elaboração e implementação de políticas ambientais, bem como na fiscalização e monitoramento de suas ações.

Barbieri (2006) também destaca que a política ambiental deve ser baseada em princípios como a prevenção, a precaução, o poluidor-pagador, o desenvolvimento sustentável e a participação social. Argumenta ainda que a política ambiental deve buscar abordar os principais desafios ambientais, tais como a mudança climática, a perda de biodiversidade, a poluição do ar e da água, a gestão de resíduos, entre outros.

Quintas (2006, p. 30) conceitua a gestão ambiental como:

[...] o processo de mediação de interesses e conflitos (potenciais ou explícitos) entre atores sociais que agem sobre os meios físico-natural e construído, objetivando garantir o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme determina a Constituição Federal.

Um conceito geral e popularizado é de que a gestão ambiental pode ser definida como o conjunto de atividades coordenadas e planejadas, com a finalidade de utilizar de forma adequada os recursos naturais, bem como promover o desenvolvimento econômico, social e ambientalmente sustentável. A gestão ambiental envolve diversas áreas de conhecimento e atuação, como a geografia, a ecologia, a engenharia ambiental, a gestão de recursos naturais, a política ambiental, a educação ambiental, entre outras. Outrossim, a gestão ambiental deve ser implementada em diversos setores da sociedade, incluindo empresas, governos, organizações não governamentais e comunidades locais.

Governamentalmente, a aplicação da gestão ambiental pública vem se desenvolvendo desde 1970 com diversas institucionalizações de políticas através do nascimento de agências ambientais, no marco legal que normatiza essa questão, além da difusão de informações sobre crises ambientais (LIMA, 2011), conforme mencionado anteriormente.

Alguns exemplos gerais de instrumentos de gestão territorial e ambiental de cunho político incluem:

- **Zoneamento ambiental:** é um processo de classificação do território que considera as condições naturais, os recursos hídricos e a biodiversidade, bem como as atividades humanas, para determinar as áreas que podem ser destinadas para usos específicos, como a agricultura, a mineração, o turismo, entre outros.
- **Planos de manejo de unidades de conservação:** são documentos que estabelecem as diretrizes e as ações para a conservação e a gestão de áreas naturais protegidas, como parques nacionais, reservas biológicas, florestas estaduais, entre outras.
- **Licenciamento ambiental:** é um processo de avaliação e aprovação de atividades que possam causar impacto ambiental, como a construção de barragens, a instalação de empreendimentos industriais, a exploração de mineração, entre outras.
- **Planos diretores municipais:** são documentos que estabelecem as diretrizes para o desenvolvimento urbano, considerando aspectos ambientais, sociais, econômicos e culturais, além de estabelecer regras para o uso e a ocupação do solo urbano.

Mesmo com todos os avanços institucionais e legais na área ambiental, muitos instrumentos são abandonados ou não são efetivamente aplicados. Uma avaliação feita pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) entre 1992 e 2002 destaca que:

apesar de alguns avanços localizados e importantes, não se alcançou o patamar de políticas afirmativas que pudessem contribuir para reverter os altos níveis de pobreza, de devastação ambiental ou de fragilidade dos poderes públicos, responsáveis pelo controle e fiscalização das ações de degradação ambiental no país (CAMARGO *et al.*, 2004, p. 29-30)

Parte desta responsabilidade se deve também à falta de interesse da sociedade (em sua maioria) sobre a gestão ambiental, sem uma efetiva preocupação e cobrança dos poderes públicos no desempenho do papel de proteção ao meio ambiente e recursos naturais.

Lima (2011, p. 130-131) afirma que “a política ambiental brasileira padece: de falta de vontade e prioridade política; de fragmentação intersetorial; de participação legítima; de incoerência entre leis e práticas e de ambiguidade estatal frente aos interesses privados [...]”.

Em um estudo mais recente, especificamente sobre a gestão ambiental no Estado de Minas Gerais, César & Carneiro (2018, p. 259) levantaram que:

A despeito dos avanços relativos ao processo de licenciamento e da legislação ambiental no Brasil, as informações examinadas referentes ao sistema de gestão ambiental de Minas Gerais sinalizam na direção de uma gestão ambiental bem aquém do necessário, principalmente no que se refere ao Poder de Polícia Ambiental.

César & Carneiro (2018) apontam ainda como motivo principal de falhas no sistema público a insuficiência operacional nos órgãos ambientais, além da falta de estrutura, ferramentas e capital humano. Necessita-se investimentos do Estado para que funcione de forma adequada o sistema de gestão e que não haja abandono de projetos e de instrumentos ambientais importantes, como o ZAP, exclusivamente desenvolvido pelo governo de Minas Gerais.

O decreto do ZAP de nº 46.650 de 19 de novembro de 2014 tem em um dos seus artigos:

Art. 4º Os órgãos e entidades que integram o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SISEMA – deverão utilizar a metodologia de que trata este Decreto como ferramenta [...] para modernização do planejamento e da gestão ambiental aplicada aos processos de regularização e licenciamento ambiental e planos de bacia (MINAS GERAIS, 2014).

Tal artigo contém um parágrafo único que diz que “Os processos coletivos de outorga e de regularização ambiental, previstos na legislação ambiental, deverão considerar a metodologia aprovada por este Decreto”.

Contudo, mesmo com a crescente divulgação do instrumento pelo Estado e aplicação por diferentes setores (SEAPA, 2023), não se vê a aplicabilidade do instrumento em políticas públicas ou sendo utilizado como uma camada de análise em licenciamentos ambientais e outorga.

O que se observa é que ainda falta diálogo entre as instituições como também planejamento de aplicação do instrumento, coibindo que o mesmo seja inserido nos processos de gestão ambiental do Estado.

Alguns avanços vêm sendo alcançados, mas a passos lentos, como a inclusão do ZAP em importantes legislações do Estado de Minas, como na Política Estadual de Agricultura Irrigada Sustentável (PAIS) (atualmente em minuta de projeto de Lei), onde o ZAP será um dos instrumentos de caracterização socioeconômica e ambiental desta política.

Ainda que falte aporte institucional incisivo ao instrumento ZAP, dentro da gestão ambiental privada ele se mostra com resultados satisfatórios. Cita-se o ZAP Ribeirão Santa Isabel, em Paracatu-MG (SEBRAE *et al.*, 2018) como um excelente estudo de caso que certifica os resultados que a ferramenta oferece.

O referido ZAP foi aplicado após as secas intensas de 2017 que deixaram o município de Paracatu (entre diversos outros pelo país) sem acesso à água. Para entender melhor o território, a fim de uma eficiente gestão territorial, o estudo foi solicitado pela Irriganor (Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas Gerais).

Após a entrega e aprovação pelo Estado, a associação teve maior facilidade em obter aportes financeiros para execução de diversas ações sustentáveis como a construção de barraginhas, recuperação de APPs e estradas, projetos de implementação de barragens de contenção de água (principalmente para os pivôs de irrigação e abastecimento humano), entre outras (IRRIGANOR, 2021).

Esses instrumentos são importantes, pois permitem a integração de diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas, organizações não governamentais, academia, entre outros, no processo de tomada de decisões relacionadas ao uso e ocupação do território. Promovem, ainda, a transparência e a participação da sociedade na formulação e na implementação de políticas públicas, o que garante a equidade e a justiça na gestão territorial e ambiental.

Cabe ressaltar que a integração do ZAP com outros instrumentos de política pública, como o ISA (Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas) (MINAS GERAIS, 2012), os

planos de bacias hidrográficas, planos diretores, planos de unidade de conservação, entre outros podem contribuir significativamente para o avanço da gestão territorial no Estado de Minas Gerais.

### **1.3 Desenvolvimento agropecuário sustentável**

A gestão territorial desempenha um papel crucial no setor agropecuário ao promover uma utilização eficiente e sustentável dos recursos naturais. Através do planejamento adequado do uso da terra, é possível evitar a degradação do solo, a perda de biodiversidade e a contaminação dos recursos hídricos. Além disso, contribui para a mitigação dos impactos ambientais associados à expansão agrícola, como o desmatamento e a emissão de gases de efeito estufa, visando garantir a viabilidade das atividades agrícolas a longo prazo, promovendo o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar (FOLEY et al., 2011; LAMBIN et al., 2018).

O Brasil é um dos países que mais produzem no setor agropecuário, sendo assim importante fornecedor de alimentos mundial ocupando o 6º lugar no ranking mundial (FAO, 2022). Cerca de 31% do uso e cobertura do país corresponde a áreas de produção agropecuária, sendo em sua maioria (cerca de 23%) especificamente de pecuária (MAPBIOMAS, 2022). Tal uso tem constante crescimento desde 1985 e em contrapartida, as áreas verdes diminuem, chegando de 76% em 1985 a 66% em 2021 de toda a área do Brasil.

Minas Gerais é um expoente na produção do setor no país, sendo líder brasileiro na produção de café, batata, alho, marmelo, morango, cenoura, leite, rebanho de equinos, rebanho de vacas ordenhadas e florestas plantadas (MINAS GERAIS, 2022). O Estado tem também relevante contribuição na produção de abacate, amendoim, cana-de-açúcar, feijão, laranja, tangerina e sorgo (2º lugar no ranking nacional); de cebola, banana, limão, tomate, ovos de galinhas, ovos de codornas e tilápia (3

º lugar no ranking nacional) (ibidem). Toda produção, além de abastecer o mercado interno, gera em exportações US\$ 10,5 bilhões (2021), ocupando o 5º lugar no Brasil (8,7% das vendas do país).

Em relação ao uso e cobertura, a agropecuária corresponde a aproximadamente 59% da área do Estado, enquanto cerca de 39% são de área verde (MAPBIOMAS, 2022). De forma semelhante ao país, Minas Gerais vem diminuindo de forma tímida sua área verde, dando espaço a

agropecuária desde 1985, contudo, observa-se que as pastagens vêm diminuindo consideravelmente com o tempo dando lugar à produção agrícola.

Munindo-se de tais informações, é evidente que o país é responsável por alimentar todo o globo tendo o agronegócio importante papel na balança comercial. Neste sentido, é intuitivo pensar que o Brasil se interessa na elaboração de políticas públicas que visam a sustentabilidade de um importante recurso socioeconômico como a agropecuária.

Práticas agropecuárias sustentáveis são aquelas que promovem o aumento da produtividade e da renda no setor, ao mesmo tempo em que se adaptam e fortalecem a resiliência às mudanças climáticas. Buscam, ainda, reduzir ou eliminar as emissões de gases do efeito estufa sempre que possível (WORLD BANK, 2015). Para serem consideradas sustentáveis, essas práticas devem obedecer a duas condições essenciais: não permitir desmatamento ilegal, ou seja, não expandir as terras agrícolas às custas do desmatamento de florestas protegidas por lei, e manter um baixo ou nenhum desmatamento total.

Diversas políticas e instrumentos em todas as esferas governamentais são elaborados e atualizados à medida que a tecnologia avança e permite maior sustentabilidade no setor agropecuário. A maior ameaça atual à sustentabilidade do setor é o desflorestamento para disponibilizar novas áreas de produção. Tal prática ocasiona impacto direto ao meio ambiente, afetando principalmente o clima local (e até regional dependendo da extensão) o que inviabiliza a produção eficiente da terra (LAWRENCE; VANDECAR, 2015).

As taxas de desmatamento têm impacto direto na economia, principalmente quando se diz respeito à exportação. A União Europeia, por exemplo, aprovou em 31 de maio de 2023 o Regulamento da União Europeia para Produtos Livres de Desmatamento (EUDR), determinando a proibição da importação de produtos provenientes de áreas com qualquer nível de desmatamento identificado até dezembro de 2020 - seja legal ou ilegal<sup>4</sup>. As multas podem chegar até à suspensão do comércio importador, destruição dos produtos e multas financeiras. Para que os produtos entrem no mercado europeu, será necessária rigorosa verificação e comprovação de que não houve desmatamento. Há inúmeros problemas políticos neste regulamento que estão atualmente em debate, mas já se percebe de que há pressão econômica

---

<sup>4</sup> Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation and repealing Regulation (EU) No 995/2010 (Text with EEA relevance). Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1115/oj>

para que a produção de commodities do setor seja sustentável (CESAR DE OLIVEIRA et al., 2024; KÖTHKE et al., 2023; SOTIROV et al., 2022).

O país vem, historicamente, disponibilizando dados que contribuem para melhor alinhamento de instrumentos de gestão pública, criando subsídios para o setor se encaminhar na sustentabilidade ambiental. Há um esforço, por exemplo, de que o crédito rural seja adotado no Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa (ABC+), criado em 2010, com linhas específicas de créditos para esta finalidade (LOPES et al., 2016).

De acordo com Lopes et al. (2016), pode-se citar, como exemplo, as principais técnicas que visam tornar a atividade agropecuária sustentável:

- Reforma de pastagem degradada;
- Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF);
- Sistemas de plantio direto;
- Fixação biológica de nitrogênio;
- Florestas; e
- Tratamento de dejetos animais.

Uma das maneiras para que tais técnicas sejam implementadas com eficiência, perpassa pelo levantamento de dados, monitoramento e verificação. Isso pode ser feito através de instrumentos de gestão atrelados às geotecnologias, sendo um deles, o ZAP, que indica em sua introdução:

“É um instrumento de planejamento e gestão ambiental territorial, aplicado a sub-bacias hidrográficas para o uso sustentável dos recursos naturais. Auxilia o desenvolvimento de ações de conservação dos recursos naturais no contexto agrossilvipastoril, visando a sustentabilidade das propriedades rurais a longo prazo e a restauração dos ecossistemas degradados.” (CGZAP, 2023, p. 1).

A agropecuária sustentável representa uma estratégia vital para garantir a segurança alimentar, preservar os recursos naturais e enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Ao adotar práticas que aumentam a eficiência produtiva, reduzem os impactos ambientais e respeitam os limites dos ecossistemas, os agricultores desempenham um papel crucial na construção de um futuro mais sustentável e resiliente. Agregar valor à sua produção sem comprometer a terra e o cultivo, faz com que os agricultores possam alcançar resultados positivos tanto para o meio ambiente quanto para sua própria atividade econômica.

#### 1.4 O papel das geotecnologias em instrumentos de gestão territorial/ambiental

Os instrumentos de gestão territorial/ambiental coexistem com as geotecnologias e seus avanços. A geotecnologia é uma área de estudo interdisciplinar que combina tecnologia da informação e geociências para coletar, processar, analisar e visualizar informações geoespaciais (ROSA, 2011). A história da geotecnologia remonta ao início do século XX, quando foram criados os primeiros sistemas de informações geográficas (SIG).

Conforme Hoffmann-Wellenhof *et al.* (2001) explicam, na década de 1960, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou o desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que permitiu a determinação da localização precisa de objetos e pessoas em todo o mundo. Uma das razões foram os avanços tecnológicos pós-guerra que permitiram a publicização do sistema. O desenvolvimento durou até a década de 90 e com o desenvolvimento de computadores pessoais e software de geoprocessamento, a geotecnologia se tornou mais acessível e começou a ser utilizada em diversas áreas, como em planejamento urbano, gestão de recursos naturais, monitoramento ambiental e estudos geológicos, contudo, ainda de forma bastante incipiente. Na virada do milênio, o uso do GPS se expandiu para outras áreas, incluindo a agricultura, a mineração e a cartografia.

A evolução contínua da tecnologia, principalmente a partir da evolução do poder de processamento de computadores, permitiu que a geotecnologia se tornasse cada vez mais precisa e eficiente. Atualmente, com o uso de satélites, sensores remotos, drones e inteligência artificial, é possível coletar e processar grandes volumes de dados geoespaciais em tempo real, permitindo uma melhor tomada de decisão em áreas como transporte, defesa, segurança, meio ambiente e muitas outras. Possui um papel fundamental na resposta a desastres naturais e na gestão de crises, permitindo que os socorristas identifiquem áreas de risco, coordenem ações de resgate e ajuda humanitária.

Guerra (1980) afirma que o planejamento da utilização dos recursos naturais é fundamental, conhecendo previamente as características quantitativas e qualitativas de determinada área. É neste espaço que a geotecnologia entra possibilitando a caracterização física através de ferramentas, como o ZAP, para conhecimento, gestão e monitoramento de bacias hidrográficas. Miranda (2005) ressalta que a disponibilidade de dados espaciais on-line disponíveis oportuniza a elaboração de estudos aplicando geoprocessamento, sensoriamento remoto, os sistemas de posicionamento globais (GPS) e a cartografia digital de forma integrada. A aplicação é diversa

e possivelmente em qualquer área do conhecimento onde haja informações geoespacializadas (ROSA e BRITO, 1996).

O termo mais utilizado para integração de sistemas que trabalhem informações geoespacializadas é o SIG (Sistema de Informações Geográficas). O SIG possibilita o trabalho de variáveis em diferentes escalas através das ferramentas anteriormente mencionadas, sendo a mais comum o geoprocessamento, especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (BURROUGH, 1986; WU & SIDLE, 1995; CHRISTOFOLETTI, 1999).

São desenvolvidos dentro de um SIG diversos modelos, em sua maioria replicáveis, que possuem o objetivo de prevenir, diagnosticar ou prever resultados a partir de dados naturais (quando aplicado à geografia física, por exemplo) vinculados ao processo estudado. No geral, os SIGs são usados para análise de dados espaciais, como análise de padrões espaciais, modelagem de fenômenos geográficos, identificação de áreas de risco, entre outros (ZHU, 2016).

Arelado a um SIG, se faz importante em trabalhos que se utilizam de geotecnologias o conceito e a definição de escala. De acordo com Goodchild (2011), a escala é um conceito fundamental em estudos geoespaciais e se refere à relação entre a representação cartográfica de um objeto ou área e sua dimensão real no terreno. Em outras palavras, a escala é a relação entre a distância ou tamanho em um mapa e a distância ou tamanho real no terreno. É importante considerar a escala em estudos geoespaciais porque ela afeta diretamente a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos (GOODCHILD, 2011).

A escolha da escala adequada para um estudo geoespacial depende do objetivo do estudo e do nível de detalhamento necessário. Em estudos de grande escala, onde as áreas estudadas são pequenas, é possível obter uma alta precisão em termos de localização e características físicas, mas em contrapartida, esses estudos não fornecem uma visão geral do ambiente em questão. Por outro lado, estudos em pequena escala, que cobrem grandes áreas, fornecem uma visão geral do ambiente estudado, mas não conseguem detalhar as características físicas com a mesma precisão.

Tal escolha também afeta a representação de dados em um mapa. Mapas em escalas maiores permitem representar uma maior quantidade de informações e detalhes, mas podem se tornar confusos e difíceis de ler. Por outro lado, mapas em escalas menores apresentam menos detalhes, mas podem ser mais fáceis de interpretar. Neste sentido, a escala é importante na

análise de dados geoespaciais, pois a precisão das medições e dos cálculos depende da escala em que os dados foram coletados. Por exemplo, em estudos de mudanças de uso da terra, a escolha da escala pode afetar a detecção de alterações sutis na paisagem e na cobertura vegetal.

Em resumo, a interligação entre as ferramentas de gestão territorial/ambiental e as geotecnologias demonstra um avanço significativo ao longo do tempo, evidenciado pelo progresso contínuo das tecnologias de coleta, processamento e análise de dados geoespaciais. Desde os primórdios dos sistemas de informações geográficas até a disseminação do Sistema Global de Posicionamento (GPS) e a introdução de recursos como sensoriamento remoto, drones e inteligência artificial, foi possível presenciar uma transformação na capacidade de compreender e administrar o espaço terrestre.

Essa evolução não só ampliou o alcance da aplicabilidade das geotecnologias em campos tão diversos como agricultura, planejamento urbano, gestão de recursos naturais e resposta a catástrofes naturais, mas também ressaltou a importância crucial da escolha adequada da escala na análise e interpretação dos dados geoespaciais. A combinação dessas ferramentas e tecnologias não apenas facilita a tomada de decisões mais embasadas e eficazes em diferentes setores, mas também fomenta uma percepção mais profunda e abrangente do meio ambiente, contribuindo para uma gestão mais sustentável e resiliente dos recursos naturais e do ambiente em sua totalidade.

### **1.5 O Zoneamento Ambiental e Produtivo**

O ZAP é um instrumento de gestão territorial e ambiental, cujo desenvolvimento e metodologia oficial foram elaborados pelo Estado de Minas Gerais, voltado à aplicação em estudos das bacias hidrográficas. Sob a forma do Decreto nº 46.650/2014, objetiva a disponibilização de “[...] informações que subsidiarão a formulação, a implantação e o monitoramento de planos, programas, projetos e ações que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão ambiental por território no Estado” (MINAS GERAIS, 2014). Ou seja, o ZAP é um instrumento de diagnóstico de bacias hidrográficas, através da coleta, organização e análise de informações secundárias nesta unidade territorial.

De acordo com Kalil (2018) (ANEXO A), a metodologia do ZAP teve origem durante o governo da ex-presidente Dilma Rousseff entre 2010 e 2012, através de projetos no Ministério da Integração Nacional, visando planos de vetores de agricultura irrigada. Sob coordenação de

Paulo Afonso Romano<sup>5</sup> e o Secretário Nacional de Irrigação, Minas Gerais foi escolhida como projeto piloto para o Plano Diretor de Agricultura Irrigada<sup>6</sup>. O ZAP foi concebido como uma ferramenta para o planejamento de recursos hídricos, especialmente para atividades de irrigação, dentro de bacias hidrográficas, reconhecendo as particularidades socioeconômicas e ambientais de cada região.

Desenvolvido em colaboração com instituições como SEMAD, SEAPA, EMBRAPA, UFU e EPAMIG, o ZAP consistia em três eixos de análise: hidrologia, uso do solo e unidades de paisagem. Seu objetivo é identificar áreas críticas para recursos hídricos, diagnosticar usos e adequações do solo, e planejar ações de manejo ambiental. O primeiro manual técnico foi publicado em 2014, com aplicação piloto nas bacias do Rio Claro e Ribeirão Santa Juliana e intitulado como “Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental e Produtivo – ZAP de sub-bacias hidrográficas” (SEMAD/SEAPA, 2014) (figura 1).



**Figura 1** - Capa da primeira edição da metodologia ZAP publicada em 2014.

O ZAP foi instituído como a metodologia oficial de diagnóstico de sub-bacias hidrográficas em Minas Gerais durante o governo de Alberto Pinto Coelho, através do Decreto nº 46.650 de 2014 (MINAS GERAIS, 2014). Este decreto atribui ao ZAP a missão de fornecer dados e informações para aprimorar o planejamento e gestão ambiental no estado, sendo utilizado pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA) e considerado nos processos de outorga e

<sup>5</sup> Paulo Afonso Romano foi Secretário Adjunto da SEAPA entre 2006 e 2014. Durante esta pesquisa, ele está como Diretor de Infraestrutura Geocientífica do SGB-CPRM.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/minas-gerais-cria-plano-diretor-para-agricultura-irrigada>> Acesso em 22 de março de 2023.

regularização ambiental. Para coordenar e atualizar a aplicação da metodologia, foi instituído o Comitê Gestor do ZAP (CGZAP), composto por diversas entidades governamentais.

Desde então, houve mudanças na coordenação do ZAP, e atualmente é coordenado pela SEMAD e pela SEAPA (MINAS GERAIS, 2019a e 2019b). O CGZAP possui poder deliberativo e um regimento interno (CGZAP, 2020) que estabelece suas competências, incluindo a atualização periódica da metodologia, com edições publicadas (figura 2) em 2016 (SEMAD/SEAPA, 2016), 2020 (FEAM/SEAPA, 2020) e 2023 (CGZAP, 2023), mediante contribuições de técnicos, especialistas e acadêmicos através dos Núcleos de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAPs)<sup>7</sup>. O **Apêndice A** apresenta as diferenças entre as metodologias do ZAP até a edição de 2023.



**Figura 2** - Capa da segunda, terceira e quarta edição da metodologia ZAP publicadas em 2016, 2020 e 2023

Esta dissertação trata da edição mais recente do ZAP publicada pelo Estado de Minas Gerais, portanto, todas as definições aqui expressadas são advindas da quarta edição da metodologia ZAP (CGZAP, 2023). Brevemente, o ZAP é composto por três principais produtos: - Potencial de Uso Conservacionista (Unidades de Paisagem nas três primeiras edições); - Uso e Ocupação da terra; e – Índice de Demanda Hídrica Superficial. Os próximos subcapítulos detalham esses produtos em sua atual edição metodológica, os quais correspondem às etapas de produção de um estudo ZAP.

<sup>7</sup> A formação de NEPZAPs é uma estratégia da SEAPA para divulgar e fomentar a formação de equipes acadêmicas para aplicação e aprimoramento da metodologia ZAP. Em 2024 existem quatro NEPZAPs inaugurados e cinco em treinamento (<https://www.mg.gov.br/agricultura/pagina/zoneamento-ambiental-e-produtivo>).

### 1.5.1 Unidades de Paisagem

A metodologia de Unidades de Paisagem (UP), embora não sendo um produto principal a partir da 4ª edição, “consiste na delimitação e caracterização de paisagens objetivando o planejamento do uso conservacionista dos recursos ambientais em bacias hidrográficas de pequeno porte” (FERNANDES, 2013; FEAM/SEAPA, 2020, p. 17, grifo do autor).

Está baseada no cruzamento dos dados de elevação, litologia e pedologia<sup>8</sup>. Este resultado possibilita inferir as potencialidades, limitações, fragilidades e aptidões para fins de múltiplos usos da paisagem (FEAM/SEAPA, 2020). A definição das UP requer conhecimento em geomorfologia e, não raro, é admitida a aplicação de método alternativo, denominado Potencial de Uso Conservacionista (PUC), (COSTA *et al.*, 2017, 2019a).

#### As Unidades de Paisagem

“permite indicar as potencialidades, limitações e aptidões dos 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” (FEAM/SEAPA, 2020, p. 17).

Na edição mais atual (CGZAP, 2023, p. 8), as Unidades de Paisagens devem ser levantadas de forma geral, “como um todo objetivando a identificação das [UPs] predominantes podendo estas serem identificadas, por exemplo, através das características próprias da região, parte alta, média e baixa da sub-bacia[...]”, no entanto sem a necessidade de elaboração de mapas ou de delimitação geoespacial de cada UP.

### 1.5.2 Potencial de Uso Conservacionista (PUC)

Antes de ser incluído na 4ª edição da metodologia ZAP, o PUC foi referendado pelo Comitê Gestor do ZAP em 2018 (CGZAP, 2018), desde o desenvolvimento do ZAP Rio Manso (LABORATÓRIO DE SOLOS E MEIO AMBIENTE, 2017) e através de Deliberação de nº 24 que aprova o Método do Potencial de Uso Conservacionista - PUC em substituição à etapa de Unidades de Paisagem para a elaboração dos estudos de ZAP<sup>9</sup> (CGZAP, 2022b).

<sup>8</sup> O método menciona o uso dessas bases, mas observa-se que em estudos que o contemplam é utilizada apenas as curvas de nível plotadas no software Google Earth com exagero vertical que auxilia na visualização das formas de relevo.

<sup>9</sup> A deliberação nº 24 pode ser acessada em:

<https://drive.google.com/file/d/1IUauIcgeCW3kdj1k5RirOm3HqQIWofWfY/view>.

O PUC é construído utilizando os mesmos dados das UP, porém ancorado na análise multicritério e ponderação de variáveis em um modelo. Dessa forma, a subjetividade é diminuída consideravelmente, resultando em um produto com maior acurácia e comparabilidade.

O PUC é um método de análise espacial que segmenta e classifica as áreas de bacias hidrográficas, em função dos potenciais para uso agropecuário, de recarga hídrica e da resistência à erosão (COSTA *et al.*, 2017; CGZAP, 2023). Tal análise é feita utilizando álgebra de mapas entre três variáveis ambientais: solo, litologia e declividade utilizando pesos dentro de cada uma das funções mencionadas. Os critérios de ponderação (pesos) perpassam por consulta à literatura e a especialistas utilizando a técnica de análise hierárquica de processos (AHP).

Atualmente, o PUC utiliza-se de bases secundárias oficiais (governamentais) e/ou acadêmicas que partem das três variáveis ambientais analisadas. Para solos o estudo feito por UFV *et al.* de 2010 na escala de 1:650.000, para litologia o mapa geológico produzido pelo CPRM em 2014 de 1:1.000.000 (no entanto há cartas com escalas de 1:100.000 e até 1:25.000, como no quadrilátero ferrífero) e para a declividade a imagem ALOS PALSAR de 12,5 metros como modelo digital de elevação com melhor escala disponível gratuitamente.

Dentro destas três variáveis é dado um peso PUC que varia entre 1 e 5, onde o 5 significa o mais próximo da classe PUC “Muito alto” enquanto o contrário o mais próximo da classe “Muito baixo”. Esses pesos são aplicados considerando: - a forma do relevo para a declividade (quanto mais plano maior o peso); - a fertilidade, drenagem, profundidade efetiva e textura para os solos; e – a vulnerabilidade à denudação e o potencial para disponibilizar nutrientes para a litologia.

A partir destes pesos, aplica-se a equação PUC a qual foi definida por COSTA *et al.* (2019a) somando os valores das variáveis e dando a importância de 50% para a declividade, 39% para os solos e 11% para litologia, gerando o mapa final do PUC.

O PUC é interpretado na escala de 1 a 5 sendo o menor valor “Muito baixo” e o maior “Muito alto”. Áreas para o espectro do muito baixo são de relevos mais movimentados, montanhosos com solos de baixa fertilidade, rasos que dificultam a infiltração e favorecem os processos erosivos que são formados a partir da litologia que forneceu poucos nutrientes. Ao contrário, as áreas com PUC muito alto são excelentes para agricultura sustentável com solos profundos dotados de excelente estrutura e férteis em relevos mais planos com fácil mecanização.

Apesar de o PUC poder ser aplicado de forma independente, ele foi desenvolvido como um método complementar e de até substituição ao produto de Unidades de Paisagem (UPs) do ZAP, uma vez que as UPs são extraídas de forma manual, qualitativamente e dependem do conhecimento do técnico que as identificam através de inferências. Com o objetivo de diminuir a subjetividade e ser um método replicável por qualquer técnico (podendo ser validável), o PUC foi incluído na edição mais recente da metodologia ZAP.

Apesar de algumas proposições de aprimoramentos, o método PUC tem se mostrado promissor com aplicações em diferentes análises tais como de potências de recarga hídrica, conflitos de usos entre o potencial físico e a destinação das áreas, equações de perdas de solos, definição de áreas prioritárias para conservação e recuperação ambiental e de provisão de serviços ecossistêmicos (COSTA *et al.*, 2019b; COSTA *et al.*, 2019c; TENENWURCEL *et al.*, 2020; FREITAS *et al.*, 2022; SILVA & COSTA, 2022, MUCIDA *et al.*, 2023; OLIVEIRA *et al.*, 2023; MOURA, 2023), sendo aplicado tanto no Estado de Minas Gerais quanto em outros estados (COSTA *et al.*, 2020; AQUINO *et al.*, 2020).

Importante frisar sua contribuição, em conjunto com outros instrumentos, como o ISA, que é aplicado na escala de propriedades, e se utiliza do ZAP para interpretação das informações na escala das bacias hidrográficas.

### 1.5.3 Cálculo do Índice de Demanda Hídrica Superficial

O cálculo do Índice de Demanda Hídrica Superficial (IDHS) analisa a oferta e demanda de água superficial de uma bacia hidrográfica (CGZAP, 2023). A análise é universal (para a água superficial), considerando o impacto da vazão de retirada total dos usuários nos cursos d'água. Os usuários são levantados através de solicitação do relatório de usuários de água enviado para a coordenação do CGZAP pelo proponente do estudo. Este relatório é emitido pelo IGAM utilizando as coordenadas mais a jusante da bacia contemplada e inclui apenas usuários vigentes (com vencimento de até 6 meses antes à elaboração do estudo) de água superficial e subterrânea, tanto cadastro de uso insignificante como outorgas individuais e coletivas. Os dados já são pré-processados, sendo necessário do proponente a exploração em ambiente SIG.

Conforme CGZAP (2023), são elaborados para esse produto, três subprodutos obrigatórios, a saber: i) Mapa e relatório de usuários de água superficial; ii) Mapa e análise do IDHS a montante; iii) Mapa e análise do IDHS a jusante e montante. De forma complementar, a metodologia sugere a elaboração de dois mapas: - de usuários de água subterrânea para comparação visual (sem inclusão nos cálculos do método); e - de trechos com demanda de água.

Os subprodutos de IDHS são interpretados, de acordo com CGZAP (2023):

- Índice de nível 1 (baixo): demanda menor que 30% da  $Q_{7,10}$ ;
- Índice de nível 2 (moderado/alto): demanda acima ou igual a 30 e inferior a 50% da  $Q_{7,10}$ ;
- Índice de nível 3 (alto/crítico): demanda acima ou igual a 50% e inferior a 100% da  $Q_{7,10}$ ;
- Índice de nível 4 (crítico): demanda acima ou igual a 100% da  $Q_{7,10}$ .

Assim, os trechos analisados que apresentarem nível 3 e/ou 4 se encontram em estado Crítico em relação a sua oferta (baseada na  $Q_{7,10}$ ) e demanda de água.

#### 1.5.4 Uso e Ocupação da terra

O levantamento do Uso e Ocupação da terra no ZAP objetiva a identificação de feições na bacia hidrográfica de estudo categorizando-as em um padrão pré-determinado, além de levantar as Áreas de Preservação Permanente – APP (CGZAP, 2023). Auxilia nas análises de usos múltiplos e relaciona-os aos recursos hídricos e ao PUC. Através deste produto, é possível calcular índices de antropização, de conservação, entre outros, a depender do objetivo do ZAP. Utiliza-se de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto através da mediana das imagens (Sentinel-2 de 10 metros) de até 1 ano anterior à data do estudo. A classificação de uso e ocupação pode ser elaborado através das técnicas de vetorização manual e/ou automática supervisionada (CGZAP, 2023). O subproduto de levantamento de APPs contempla as de curso d'água (em suas diferentes larguras), nascentes, veredas, reservatórios de água, altitude e declividade.

#### 1.5.5 Resultados Finais do ZAP

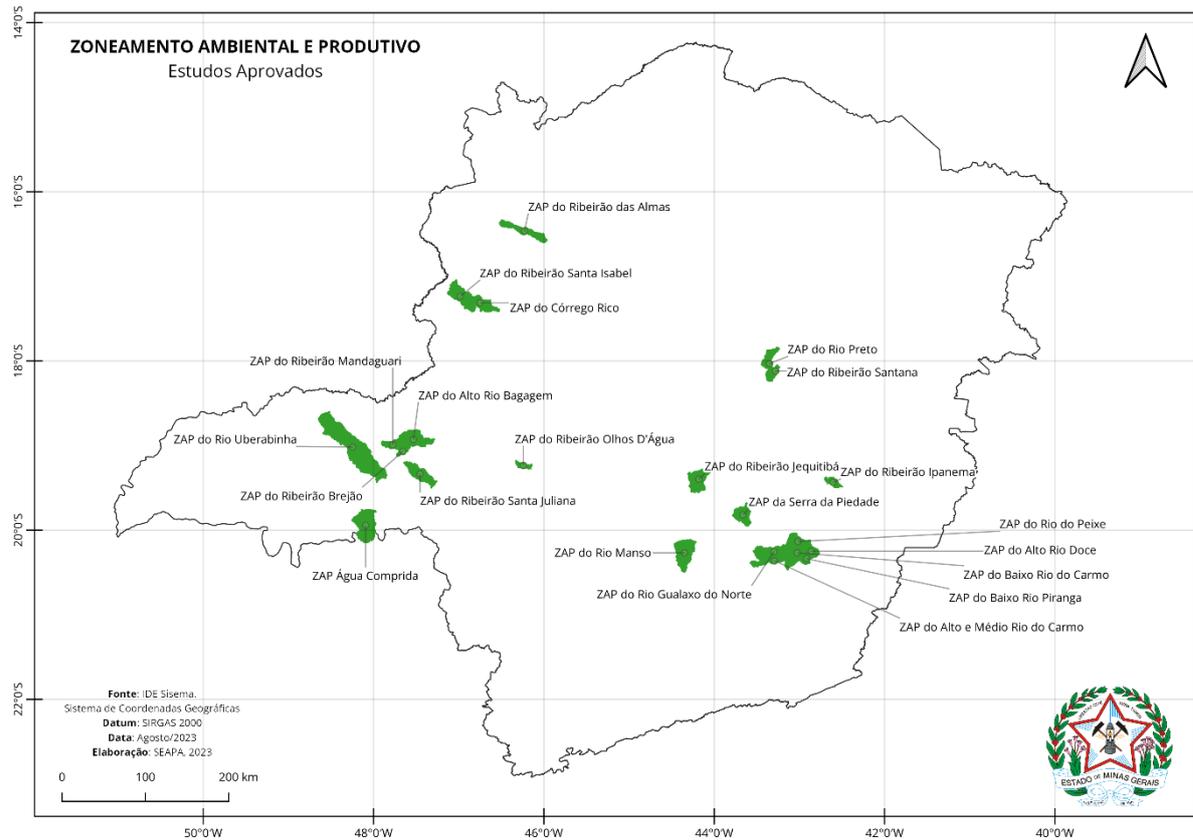
CGZAP (2023) afirma que “diversas correlações e mapeamentos podem ser obtidos, de acordo com as necessidade e usos previstos para o ZAP”, obtidas através do cruzamento dos três produtos principais da metodologia. De forma obrigatória é solicitada a elaboração de cinco índices: i) índice de conservação da bacia; ii) índice de antropização das APPs; iii) índice de concentração de nascentes; iv) índice de uso conflitante da bacia; e v) índice de degradação de pastagens.

Conforme CGZAP (2023, p. 37) “ressalta-se que os resultados não indicam as ações necessárias para a adequação da bacia hidrográfica em estudo, mas podem subsidiar essa proposição”.

### 1.5.6 Cenário atual

O Estado aprovou um total de vinte e dois estudos (Figura 3) de ZAP os quais são disponibilizados nos endereços eletrônicos da SEAPA e FEAM, além da plataforma IDE-Sisema. São estudos elaborados pela EMATER-MG, por consultorias e pelas universidades (através dos NEPZAPs) desde 2017. Frisa-se que a partir de dois anos da elaboração de um ZAP, se torna um estudo obsoleto. De qualquer forma, mesmo que um estudo seja considerado obsoleto, seus dados podem ser utilizados para elaboração de planos de adequação de bacias, pelos órgãos ambientais em suas diversas atribuições (licenciamento e outorga, por ex.), por outras instituições governamentais e pela sociedade em geral.

Estes ZAPs, em sua maioria, foram elaborados para diagnosticar as sub-bacias que possuíam (ou ainda possuem) algum déficit de gestão relacionado aos recursos hídricos. Destaca-se o conjunto de ZAPs na região do Alto Doce, que foi elaborado após o rompimento da barragem de Fundão em Mariana, como ferramenta de diagnóstico para auxiliar a Fundação Renova no direcionamento dos seus programas de recuperação. Há apenas dois ZAPs elaborados pelo governo, o utilizado como modelo nas edições da metodologia, ZAP do Ribeirão Santa Juliana, e o ZAP Serra da Piedade através de um acordo de cooperação entre algumas entidades públicas com o objetivo específico de gerar um produto diagnóstico para o plano de manejo do monumento natural Serra da Piedade (MONAESP) (SEMAD *et al.*, 2019).



**Figura 3 - Estudos Aprovados de ZAP em Minas Gerais.**

No ano de 2022 o CGZAP recebeu dezessete inscrições de estudos (o mesmo número de estudos aprovados desde 2017) onde quatro deles se encontram em análise, um aprovado e publicado e o restante ainda sem a entrega pelos proponentes (CGZAP, 2022a).

Atualmente a demanda por um estudo de ZAP é gerada espontaneamente pelos atores de uma bacia hidrográfica, sem que haja nenhuma interação ou ação governamental que subsidie quais destas bacias no Estado são prioritárias para aplicação de um ZAP. É neste sentido que essa pesquisa se desenvolve tendo um potencial de nortear políticas públicas voltadas a este importante instrumento diagnóstico, não só para Minas Gerais, mas também todo o país.

### **1.6 Definição de áreas prioritárias**

Definir áreas prioritárias é uma prática comum em muitas esferas da vida, desde o planejamento empresarial até a política pública. Em geral, a definição de áreas prioritárias envolve identificar as questões ou setores mais críticos ou urgentes para a realização de determinados objetivos. Este assunto não vem sendo discutido conceitualmente na literatura, no entanto tem-se diversos exemplos de aplicação e das razões da utilização de áreas prioritárias.

Collins *et al.* (2001) destacam que a análise de áreas prioritárias visa principalmente identificar o melhor padrão espacial para os futuros usos do solo em uma região específica, considerando fatores preditores de uma atividade ou objetivo. Store & Kangas (2001) afirmam que essa definição, feita através de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), é amplamente utilizada em várias situações, como identificação de áreas prioritárias para espécies animais ou vegetais, favorabilidade geológica, atividades agrícolas, risco de impactos ambientais e biodiversidade, entre outras.

Na esfera da política pública, por exemplo, as áreas prioritárias são frequentemente definidas para orientar a alocação de recursos e esforços na busca de soluções para os desafios mais urgentes e relevantes. Essas áreas podem variar de acordo com as necessidades e prioridades de cada contexto, mas geralmente envolvem temas como saúde, educação, segurança pública, meio ambiente, infraestrutura, entre outros.

Na área ambiental, dentre as inúmeras aplicações, a definição de áreas prioritárias pode ser aplicada na identificação dos ecossistemas, espécies e recursos naturais mais vulneráveis e/ou relevantes para a conservação e uso sustentável, incluindo, por exemplo, áreas de grande biodiversidade, ecossistemas ameaçados de degradação ou extinção, áreas de recarga de aquíferos, zonas costeiras, entre outros (MILLER *et al.*, 2004).

A definição das áreas prioritárias para uma determinada ação é fundamental para o planejamento territorial, especialmente no que diz respeito à gestão do uso do solo, ordenamento territorial e planejamento de infraestrutura.

Com o avanço dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), também se nota uma progressão nas metodologias utilizadas para definir áreas prioritárias. De acordo com Malczewski (2004), a interseção entre diferentes camadas de informação nos SIGs tem sido o processo fundamental para a realização da maioria dos estudos. Além disso, o autor menciona que a implementação de diversas técnicas nos SIGs, como abordagens multicriteriais, métodos de inteligência artificial, técnicas de visualização e os SIGs online (WebGIS), decorre desse procedimento.

Ela pode ser feita por meio de diferentes métodos, como pesquisas de opinião, análises de dados e informações, consultas a especialistas e lideranças locais, entre outros. Dependendo do objetivo, se faz importante que as áreas prioritárias sejam definidas de forma participativa e transparente, envolvendo diferentes atores e segmentos da sociedade.

Uma vez definidas as áreas prioritárias, é possível direcionar os recursos e esforços disponíveis de forma mais estratégica e eficiente, buscando maximizar o impacto das ações e programas implementados. No entanto, é importante lembrar que a definição de áreas prioritárias não deve ser vista como um fim em si mesma, mas sim como uma etapa inicial de um processo contínuo de planejamento, implementação e avaliação de políticas públicas e programas de desenvolvimento.

Existem diferentes métodos que podem ser utilizados na delimitação de áreas prioritárias podendo-se destacar a da grade hexagonal, proposta por Ramos et al. (1976). A definição de áreas prioritárias por grade hexagonal é geralmente utilizada em pesquisas e aplicações ecológicas (BRAND *et al.*, 2000; GESELBRACHT *et al.*, 2005; BROWN & OLSEN, 2013; WIEST *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2022), estudos socioeconômicos e demográficos (FURLAN, 2011; LANDRÉ, 2012; RISSO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2022), ambientais (FERREIRA *et al.*, 2007; ALVES, 2013; PIRES, 2018; LEAL *et al.*, 2019; MATOS, 2022), agricultura (SCHIO, 2016) e pesquisas para zoneamento territorial (BEDRIJ *et al.*, 2017).

Contudo, os hexágonos vêm sendo utilizados em produtos do governo de Minas Gerais, como no Projeto Áreas Prioritárias (IEF *et al.*, 2021) e no Diagnóstico Ambiental do Estado de MG (SEMAD, 2020) para definição de áreas prioritárias para determinadas ações ambientais e de planejamento.

Dentre as vantagens do uso da forma hexagonal como unidade territorial de análise, destaca-se a forma simétrica em relação a outras unidades (como as bacias por exemplo) e maior simplicidade em relação ao vizinho mais próximo, evitando ambiguidade entre as comparações, fornecendo maior detalhamento e reduzindo os efeitos de borda (BIRCH *et al.*, 2007).

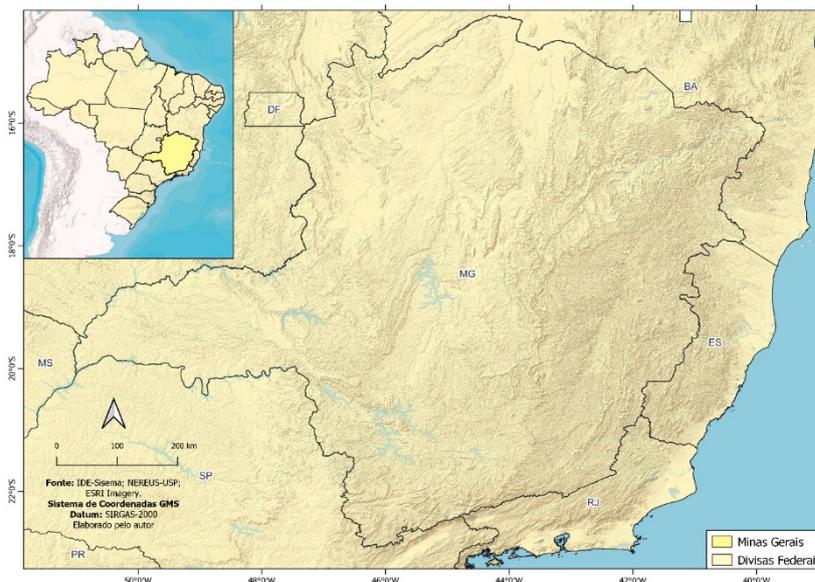
Desta forma, a utilização da grade hexagonal unida ao SIG em estudos de definição de área prioritária permite uma divisão justa e não tendenciosa da área de estudo, facilita a análise de conectividade entre áreas prioritárias e ajuda a definir critérios objetivos para a seleção dessas áreas.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado de Minas Gerais (Figura 4) está localizado na região sudeste do Brasil e faz divisa com os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia. Possui um total de 853 municípios em uma área de aproximadamente 586.522 km<sup>2</sup>, sendo a quarta maior unidade federativa do país.

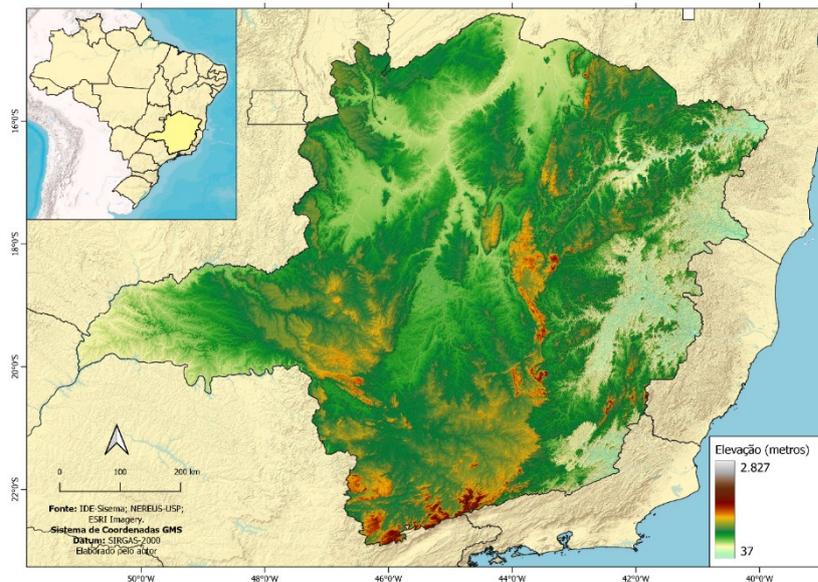
Segundo IBGE (2017b), o Estado pode ser dividido em treze regiões geográficas intermediárias e setenta imediatas. No entanto, esta pesquisa utilizará a divisão de micro e mesorregiões, já que ainda é comumente utilizada. Minas Gerais conta com doze mesorregiões e sessenta-e-seis microrregiões.

A sua magnitude territorial proporciona a Minas Gerais uma grande diversidade do meio físico, que por sua vez leva a grande diversidade socioeconômica, ambiental e cultural. Este fato torna a análise e gestão desse território complexa e morosa, exigindo muita cautela de forma a não generalizar demasiadamente as informações.



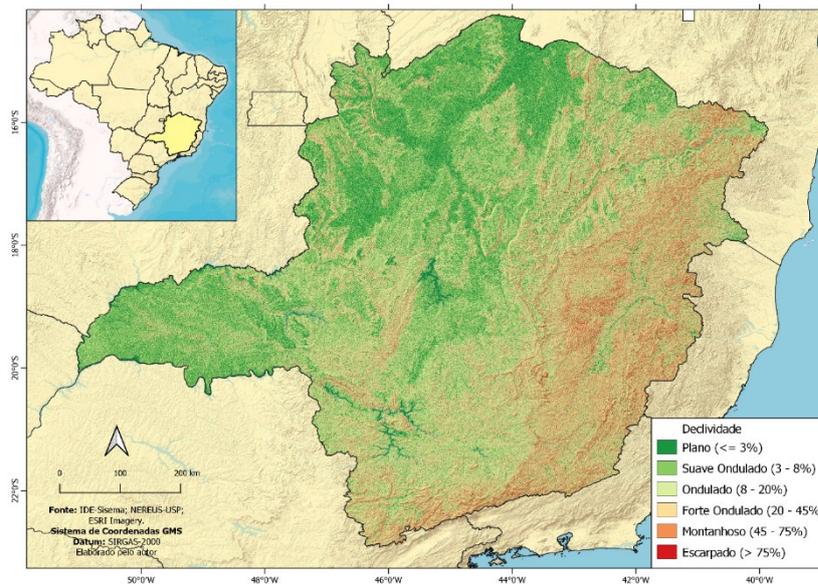
**Figura 4** - Mapa do Estado de Minas Gerais.

O relevo do Estado de Minas Gerais apresenta uma altitude média de 800 metros (Figura 5), sendo seu ponto mais alto o Pico da Bandeira (na divisa com Espírito Santo) com 2.891 metros, enquanto os pontos mais baixos se concentram na cota de 100 metros, principalmente quando mais próximos ao litoral em sua faixa leste. É dotado de serras, as quais são importantes culturalmente, ambientalmente (conservação) e economicamente (turismo), podendo citar como mais conhecidas as Serras do Espinhaço, do Cipó, da Canastra e da Mantiqueira.



**Figura 5** - Modelo Digital de Elevação (MDE) de Minas Gerais.

Apresenta grande diversidade geomorfológica e litológica resultante da complexa atividade tectônica atuante nas rochas constituintes do escudo brasileiro a partir do Mesozoico com atividades de arqueamento, falhas e fraturamento das rochas (MACHADO, 2010), o que dificulta a divisão do seu relevo em regiões como um todo (SAADI, 1991). Tal diversidade faz com que o Estado apresente uma declividade diversa, principalmente a partir do seu meridiano central para o leste em direção ao litoral do país (Figura 6).



**Figura 6** - Mapa de Declividade de Minas Gerais.

Na parte hidrológica apresenta diversos cursos d'água federais de suma importância para o desenvolvimento do país, sendo conhecido como a caixa d'água do território brasileiro. Destes,

destacam-se o Rio São Francisco, Rio Doce, Rio Paranaíba, Rio Jequitinhonha, Rio Grande e Rio Paraíba do Sul (Figura 7).

Foi em 1948 que a segunda etapa da gestão de recursos hídricos no país se caracterizou pelo uso de diversos instrumentos econômicos para promover o desenvolvimento nacional e regional e induzir a obediências às leis vigentes da época (Código das Águas de 1934), principalmente através da criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf) atuando principalmente em Minas Gerais (BORSOI e TORRES, 1997). O histórico possivelmente favoreceu a elaboração de diretrizes e técnicas mais robustas para gestão dos recursos hídricos no Estado.

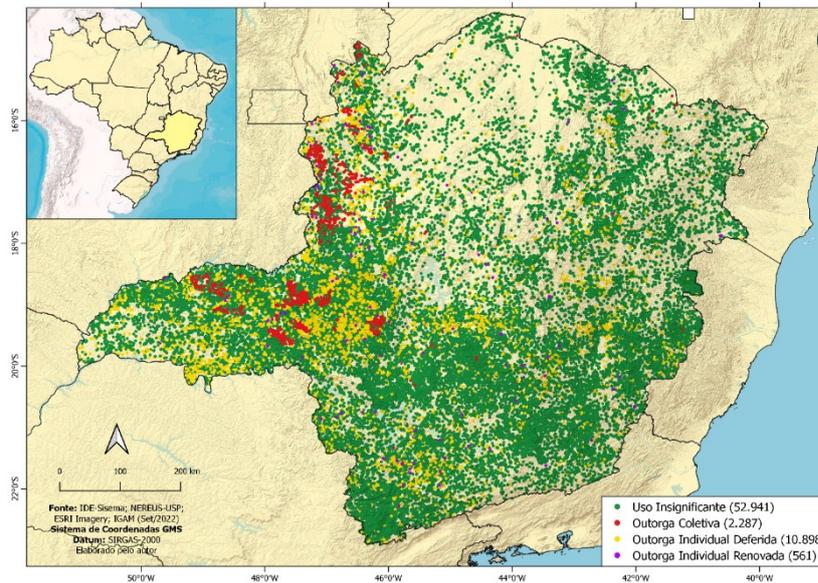


**Figura 7** - Mapa hidrográfico de Minas Gerais.

Quando observada a questão do uso da água em Minas Gerais, dos usuários vigentes, 66.687<sup>10</sup> são de captação superficial (Figura 8), totalizando 655,2 m<sup>3</sup>/s de captação de água superficial outorgada. Inclui-se aqui apenas os usuários de água outorgados pelo Estado, retirando aqueles em cursos e espelhos d'água federais outorgados pela ANA, uma vez que o ZAP não os leva em consideração ao aplicar o IDHS.

<sup>10</sup> Após consistência nos dados recebidos do IGAM em setembro de 2022: Cento e cinquenta (150) outorgas individuais superficiais sem informação de coordenadas foram corrigidas manualmente; 1 (uma) outorga estava com a portaria incorreta e não foi encontrada no SIAM (Sistema Integrado de Informação Ambiental) ou no Sistema de Decisões de Outorgas (Processo: 5622/2012 com 0,07 m<sup>3</sup>/s na CH DO3: Rio Santo Antônio) sendo removida dos cálculos; Dos 78.698 cadastros de uso insignificante, 25.672 foram removidos por serem apenas barramentos sem captação de água (para dessedentação animal, recreação, paisagismo, etc.); Oitenta e quatro (84) cadastros de uso insignificantes não possuíam coordenadas e foram removidos, totalizando 0,04182 m<sup>3</sup>/s; Um (1) deles possuía coordenada incorreta, removendo 0,001 m<sup>3</sup>/s do cálculo total; 16 usuários de outorga coletiva foram removidos, pois estavam desativados ou não faziam captação de água (barramento para regularização de vazão, por ex.); Oito (8) usuários de outorga coletiva foram removidos, pois eram apenas barramentos para regularização de vazão.

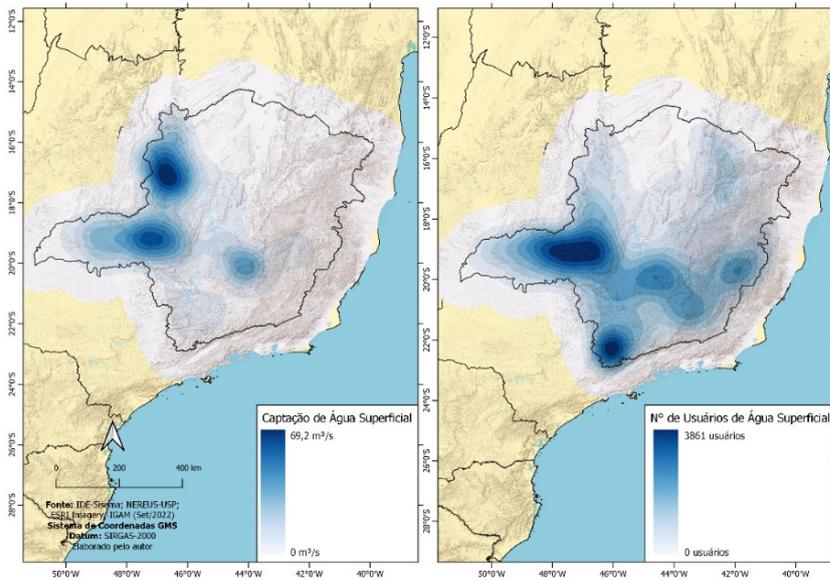
Importante salientar que apesar de os usuários de água subterrânea serem bastante expressivos e eventualmente afetarem a disponibilidade hídrica das águas superficiais, a metodologia ZAP não possui ainda um método de levantamento e inclusão destes usuários nos cálculos do IDHS, o que pode subestimar a interpretação da real demanda hídrica nas bacias hidrográficas.



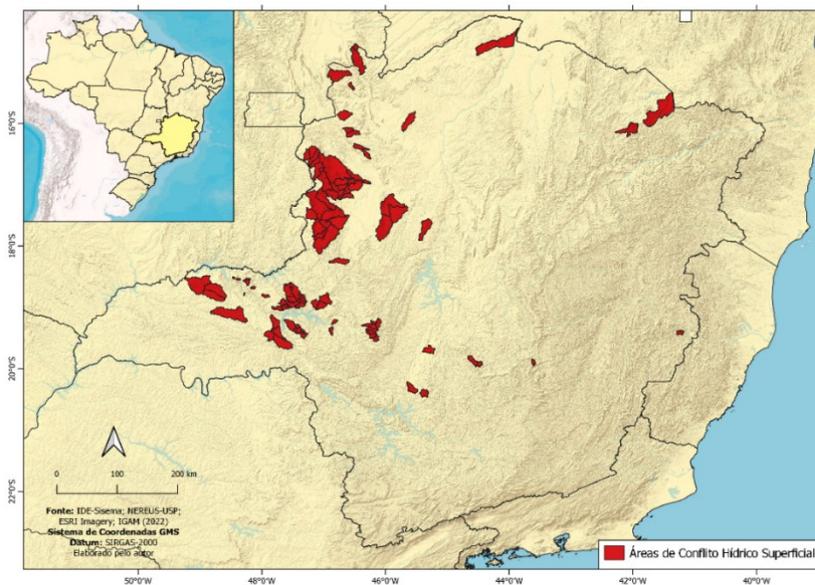
**Figura 8** - Mapa dos Usuários Vigentes de Água Superficial em Minas Gerais.

Dentre as demandas hídricas do Estado, destacam-se as regiões do Triângulo Mineiro e do Noroeste (Figura 9), justificadas pelas condições físico climáticas ideais para a agropecuária, principalmente pela agricultura irrigada. Corroborar essa afirmação a quantidade de declarações de área de conflito (DAC) pelo uso da água<sup>11</sup> (Figura 10), emitidas pelo IGAM impulsionadas principalmente pelos pivôs de irrigação em grande número (total de 102 DACs).

<sup>11</sup> “Entende-se por conflito pelo uso dos recursos hídricos superficiais, a situação de indisponibilidade hídrica aferida pelo balanço hídrico de vazões outorgadas, em que a demanda pelo uso dos recursos hídricos de uma porção hidrográfica seja superior à vazão outorgável” (MINAS GERAIS, 2019c).



**Figura 9** - Mapas de Captação de Água Superficial (esquerda) e número de Usuários de Água Superficial (direita) pelo método de kernel.



**Figura 10** - Áreas de Conflito Hídrico por uso de água superficial declaradas e vigentes pelo IGAM no Estado de Minas Gerais.

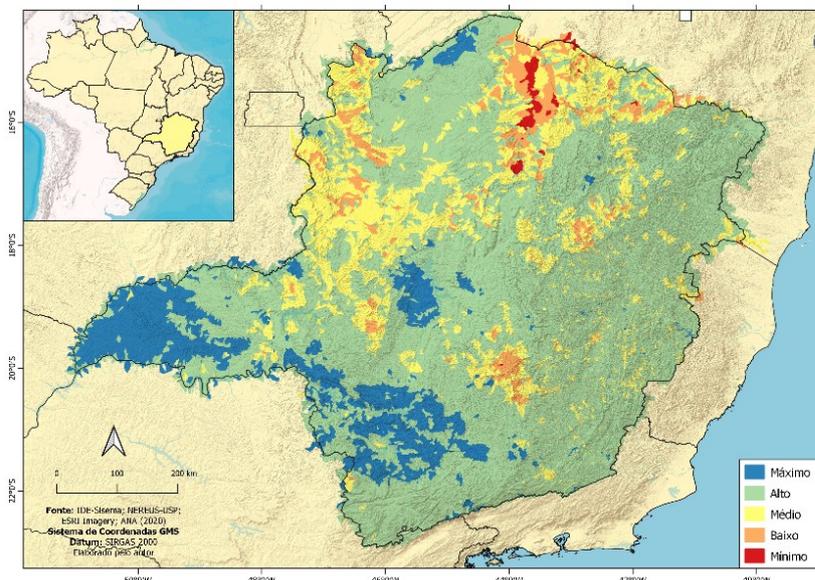
Outra importante base para caracterização e utilização na análise das áreas prioritárias para aplicação de ZAPs é o Índice de Segurança Hídrica - ISH (Figura 11) elaborado pela ANA em 2020. A Segurança Hídrica vem sendo bastante discutida no meio acadêmico e profissional, principalmente com o avanço das mudanças climáticas afetando a quantidade e qualidade de água disponível para as populações (ANA, 2019; NOGUEIRA, 2017). Complementando o conceito, a UN-WATER<sup>12</sup> diz que Segurança Hídrica pode ser definida como:

<sup>12</sup> UN-Water é o mecanismo de coordenação interagências das Nações Unidas (ONU) para questões relacionadas à água doce, incluindo saneamento. Foi formalmente estabelecido em 2003 com base em uma longa história de

“A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra a poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política” (UN-WATER, 2013, p.1).

É neste conceito que o ISH foi concebido para retratar, com simplicidade e clareza, as diferentes dimensões da segurança hídrica<sup>13</sup>, incorporando o conceito de risco aos usos da água (ANA, 2019). Estas dimensões são então agregadas para compor um índice global para o Brasil, representativo da diversidade do território nacional (ANA, 2019). O ISH foi calculado na unidade territorial de bacias hidrográficas na base otocodificada do Brasil (BHO versão 2013) elaborada pela ANA, para dois cenários: 2017 e 2035, sendo incluído aqui o cenário de 2017.

No que se refere à segurança hídrica, Minas Gerais apresenta predomínio de alta segurança hídrica no seu território, havendo ao Norte e ao Noroeste do Estado, além da RMBH índices de médio, baixo e mínimo (Figura 11). Destaca-se que a porção oeste do Triângulo Mineiro e uma grande área da região sul obtiveram o índice máximo na questão da segurança hídrica, podendo ser modelo para práticas neste sentido.



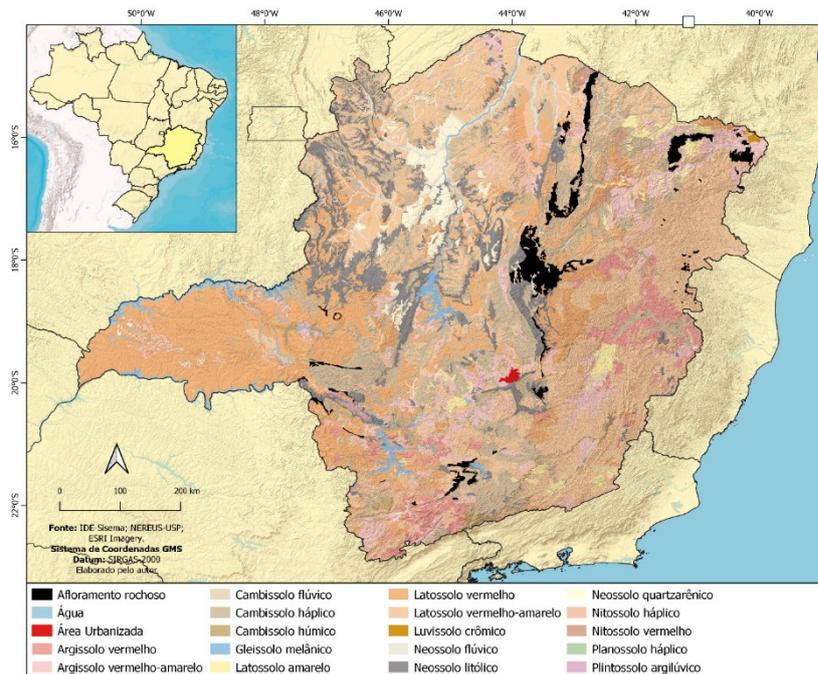
**Figura 11** - Mapa do Índice de Segurança Hídrica (ISH) para o Estado de Minas Gerais.

colaboração na família da ONU. A UN-Water é composta por entidades da ONU com foco ou interesse em questões relacionadas à água como membros e outras organizações internacionais como parceiras.

<sup>13</sup> Dimensões da segurança hídrica definida pela ONU através da UN-Water: dimensão humana; dimensão econômica; dimensão ecossistêmica; e dimensão de resiliência.

Os solos em Minas Gerais formam um mosaico diversificado, refletindo a sua complexidade geológica, geomorfológica e climática, com reflexos direto no desenvolvimento das atividades, sobretudo agropecuárias.

Assim, predomina a classe dos Latossolos (53,97%) concentrados principalmente no Triângulo Mineiro, seguido pelos Cambissolos (17,32%), Neossolos (12,52%), Argissolos (11,26%), Nitossolos (0,98%), Gleissolos (0,4%), Plintossolos (0,11%) e (Luvisolos (0,06%) e Planossolos (0,01%) (Figura 12) (UFV *et al.*, 2010).

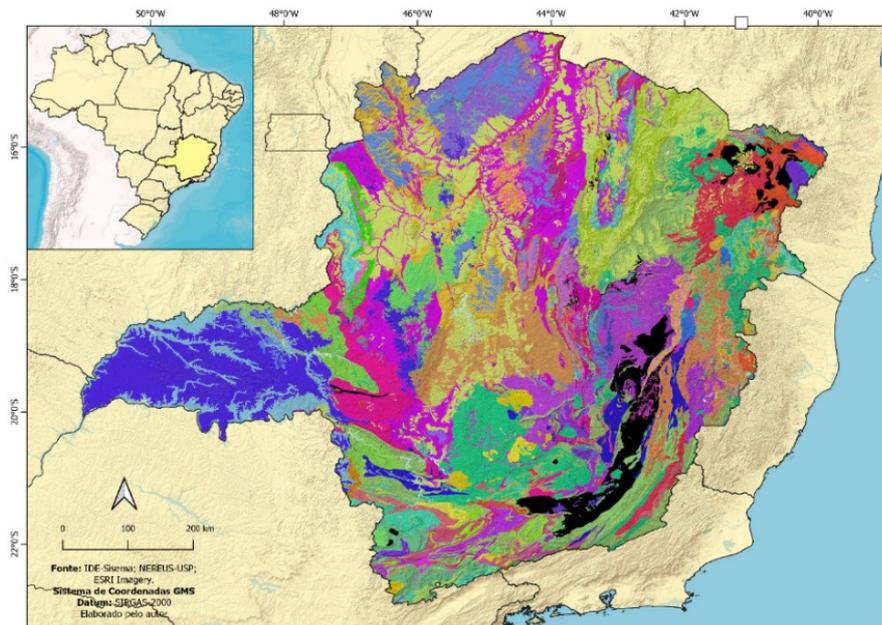


**Figura 12** - Mapa pedológico de Minas Gerais.

A dominância dos Latossolos, que são solos mais desenvolvidos fisicamente, profundos, com boa estrutura física, boa infiltração e retenção de água e maior resistência a processos erosivos (Costa *et al.*, 2019) faz com que as principais atividades agropecuárias se concentrem nessas áreas, notadamente nas áreas do Triângulo Mineiro e, no noroeste de Minas Gerais que tem atraído grandes investimentos sobretudo, do setor florestal.

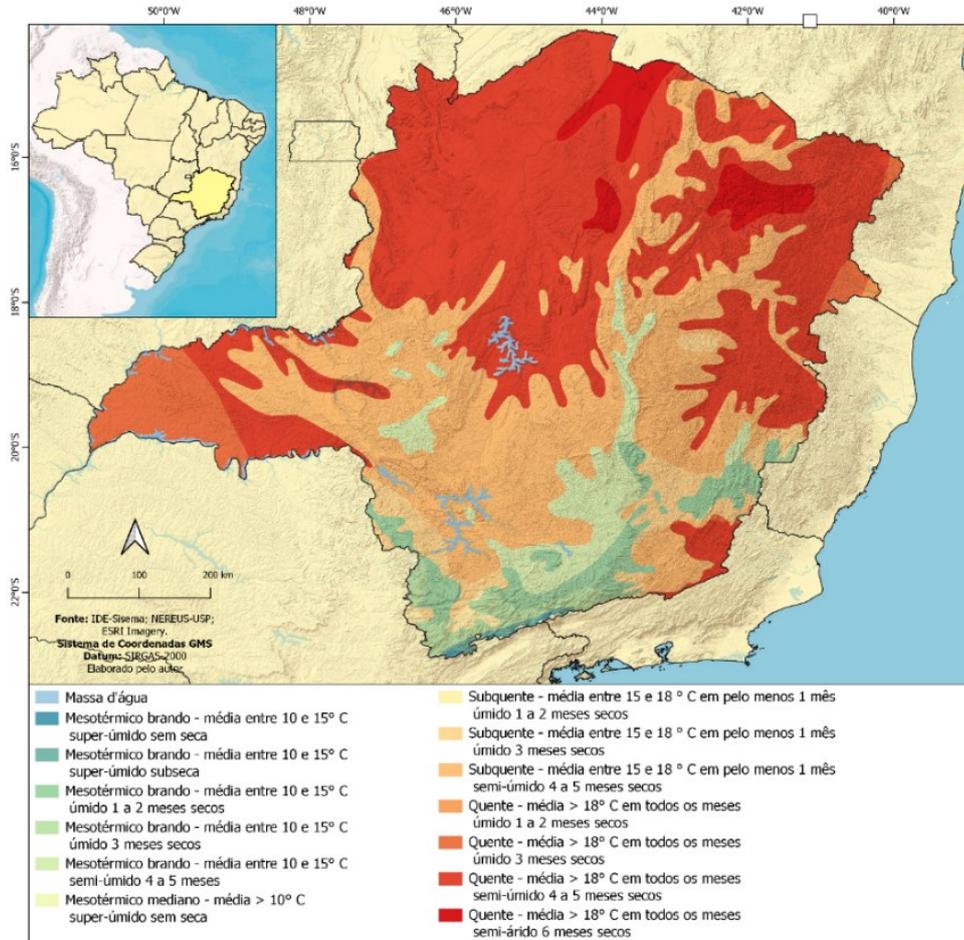
A litologia também tem uma grande influência na variabilidade de solos no estado, que vai desde antigas formações rochosas, como gnaisse e granitos no leste do estado, até bacias sedimentares no centro, como a Bacia do Paraná, e serras na região oeste, como a Serra da Mantiqueira e a Serra do Espinhaço. Essa diversidade geológica é essencial para a abundância mineral, para a agricultura, a preservação da biodiversidade e o turismo, ressaltando a relevância do estado como um lugar rico em recursos naturais e belas paisagens.

No que se refere à litologia que é uma das camadas utilizadas para caracterização de um estudo de ZAP e que compõe uma das variáveis do PUC, a base de dados mais detalhada para todo o Estado pode ser obtida do Portal da Geologia da Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE). O portal disponibiliza nove projetos de mapeamento em escalas de 1:25.000 até 1:1.000.000, sendo o último disponibilizado em um único arquivo para todo o território do Estado. Grande parte do Estado é embarcada pelos projetos, contudo, várias quadrículas ainda não possuem mapeamento detalhado, e, por conta disso utilizou-se o produto de 1:1.000.000 nesta pesquisa. A Figura 13 mostra a diversidade de litologias identificadas pela CPRM (um total de 108 litologias, após consistência) para todo o Estado e pela grande quantidade, sua legenda pode ser consultada no Anexo B.



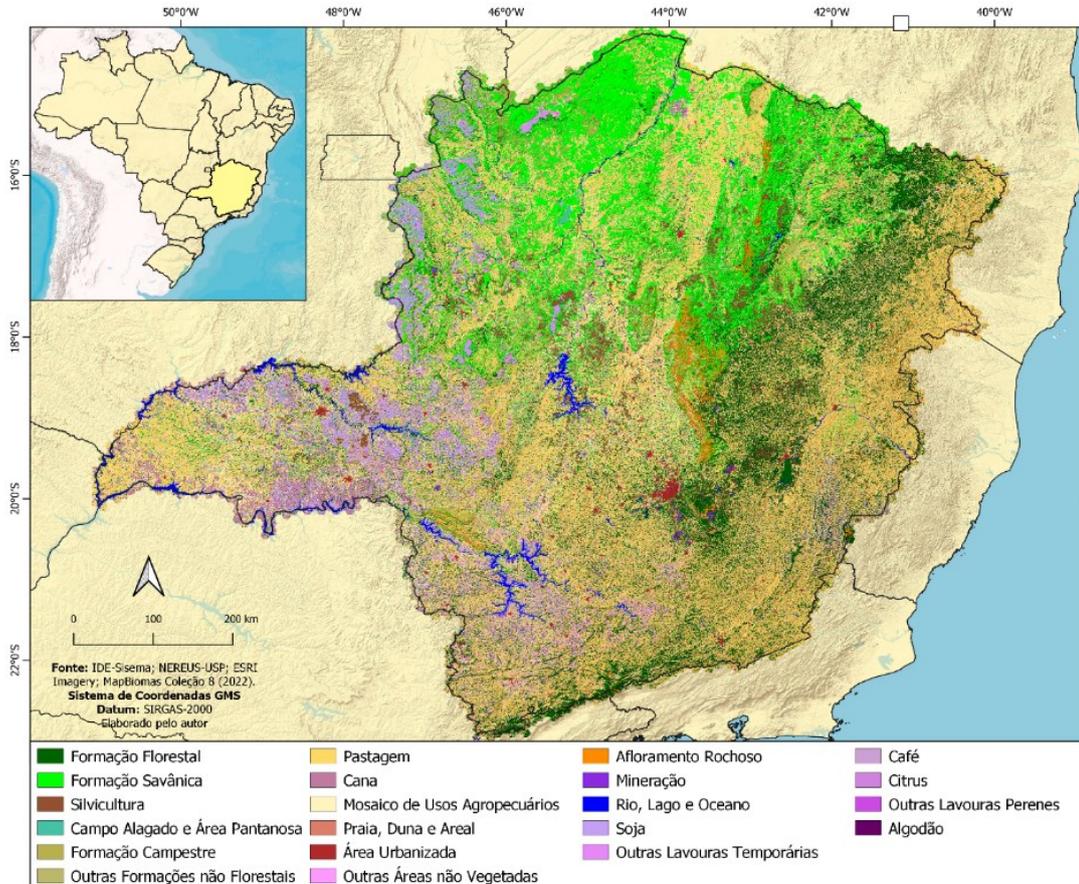
**Figura 13** - Mapa Litológico de Minas Gerais (Legenda vide Anexo B).

O clima em Minas Gerais também apresenta grande variabilidade de uma região para outra, como pode ser observado na Figura 14. Conforme a classificação climática de Köppen (KOTTEK *et al.*, 2006) os três principais tipos climáticos no estado de Minas Gerais são: Aw, caracterizado por um clima tropical de savana com estação seca no inverno (67% da área); ii) o tipo Cwa, representando um clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (21% da área); e iii) o tipo Cwb, que descreve um clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente (cobrindo 11% da área do Estado).



**Figura 14** - Mapa Climatológico do Estado de Minas Gerais.

No que se refere ao Uso e Ocupação da terra em Minas Gerais (Figura 15) há predomínio da classe Agropecuária ocupando 59% do território tendo como principal atividade a Pastagem (32,9%). A segunda classe de maior abrangência é a de Florestas representando cerca de 34% com a floresta Savânica liderando (18,4%) concentrada principalmente ao Norte do Estado, e as formações florestais (incluindo Cerradão e Mata Atlântica) com 15,2% espalhadas pelas outras regiões (Tabela 1).



**Figura 15** - Mapa do Uso e Ocupação da terra no Estado de Minas Gerais.

O uso e ocupação da terra em Minas Gerais tem uma longa história que remonta aos tempos coloniais. A principal atividade econômica da região durante muito tempo foi a mineração do ouro, o que levou à ocupação de grandes extensões de terra e à construção de diversas cidades que hoje são históricas e guardam a cultura do colonialismo. Com o tempo, como observado nas informações coletadas, a atividade de mineração representa hoje 0,11% do território e houve uma substituição por outras atividades econômicas como a agricultura, a pecuária e a indústria.

**Tabela 2** - Classes de uso e ocupação da terra, área aproximada e representatividade para Minas Gerais.

Classe	Área aproximada (km <sup>2</sup> )	Representatividade (%)
Pastagem	193.268,09	32,9
Formação Savânica	108.188,06	18,4
Formação Florestal	89.368,69	15,2
Mosaico de Usos Agropecuários	85.873,01	14,6
Soja	24.139,30	4,1
Formação Campestre	22.009,18	3,8
Silvicultura	18.488,12	3,2
Café	8.436,22	1,4
Cana	7.309,66	1,2
Outras Lavouras Temporárias	6.465,95	1,1
Afloramento Rochoso	5.937,22	1,0
Rio, Lago e Oceano	5.919,86	1,0

Campo Alagado e Área Pantanosa	4.186,44	0,71
Área Urbanizada	4.155,79	0,71
Outras Áreas não vegetadas	1.391,15	0,24
Mineração	620,60	0,11
Citrus	582,50	0,10
Outras Lavouras Perenes	260,04	0,04
Outras Formações não Florestais	0,36	0,0001
Algodão	0,09	0,00002
Praia, Duna e Areal	0,04	0,00001
<b>Total:</b>	<b>586.600,38</b>	<b>100</b>

Fonte: MapBiomias – Coleção 8 (2022)

Atualmente, a agricultura é uma das principais atividades econômicas do estado, tendo em 2020 alcançado o segundo lugar nas exportações<sup>14</sup>, com destaque para a produção de café, leite, cana-de-açúcar, milho e feijão. A pecuária também é importante, especialmente na produção de leite e carne bovina. O estado possui ainda um setor industrial diversificado, com destaque para a produção de minério de ferro, siderurgia, têxtil, alimentícia e automotiva.

Todavia, a ocupação da terra em Minas Gerais tem gerado problemas ambientais e sociais. A expansão da fronteira agrícola e da mineração tem levado à degradação do solo, à perda de biodiversidade e à contaminação de rios e aquíferos, principalmente no Cerrado (RAMOS *et al.*, 2018; LOPES, 2016; FERNANDES *et al.*, 2005), ainda que haja um esforço para a expansão sustentável (VICTORIA *et al.*, 2020). Não obstante, a concentração fundiária e a exclusão social são problemas que afetam grande parte da população rural do estado (LEITE, 2018).

Para lidar com esses desafios, diversas políticas públicas foram implementadas ao longo dos anos em Minas Gerais, como a criação de unidades de conservação ambiental, a regulamentação da mineração e a promoção da agricultura familiar e da agroecologia. Os instrumentos de gestão territorial ambiental também são de grande importância no controle do zoneamento dos usos no Estado, principalmente ao se pensar no desenvolvimento sustentável.

Por conta de sua extensão territorial e sua importância histórico-cultural, Minas Gerais se desenvolveu social e economicamente atrelado aos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, atraindo grande contingente de pessoas focadas, anteriormente, nas grandes jazidas de minério espalhadas pelo Estado. Isso fez com que, em termos populacionais, Minas Gerais chegasse a

<sup>14</sup> Dados compilados pela plataforma DataViva:

[https://www.dataviva.info/pt/build\\_graph/secex/4mg/all/all?view=Imports/Exports&graph=line](https://www.dataviva.info/pt/build_graph/secex/4mg/all/all?view=Imports/Exports&graph=line)

aproximadamente 21,5 milhões de habitantes (IBGE, 2021), configurando-o como o segundo Estado mais populoso do país.

Se tratando da Economia, o PIB de Minas Gerais é de R\$ 682,8 bilhões e o PIB per capita é de R\$32.066,73 (IBGE, 2020). Dados de 2018 da SECEX<sup>15</sup> registra como principal produto de exportação de Minas Gerais o minério de ferro com USD 6,77 bilhões em um universo total de USD 23,3 bilhões, dos quais 26,4% têm destino à China.

No que diz respeito ao setor agropecuário, Minas Gerais é um importante produtor de café, sendo responsável por cerca 54% de toda a produção nacional (CONAB, 2024), destacando-se também na produção de leite (e seus derivados, como o queijo), cana-de-açúcar, milho, feijão, soja, algodão, frutas, hortaliças e flores. A pecuária também é importante, com destaque para a produção de carne bovina, suína, frango e ovos de galinha.

Apesar da importância econômica e como mencionado anteriormente, o setor agropecuário do Estado sofre com inúmeros problemas ambientais, como a degradação do solo, a escassez de recursos hídricos em determinadas regiões e a concentração fundiária. Especialmente em relação aos recursos hídricos, concentra-se na região Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro, quantidades significativas de agricultura irrigada por pivô central, consumindo consideravelmente o recurso. Deve-se ao fato principal relacionado ao relevo e solos propícios na região, facilitando o desenvolvimento da planta e possibilitando a construção de barramentos e reservatórios de água. Os ZAPs elaborados e aprovados pelo CGZAP, até então, encontram-se em sua maioria nesta região.

---

<sup>15</sup> Dados compilados pela plataforma DataViva: <http://dataviva.info/>

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos realizados podem ser observados em formato de fluxograma na Figura 16 e descritos em seguida.

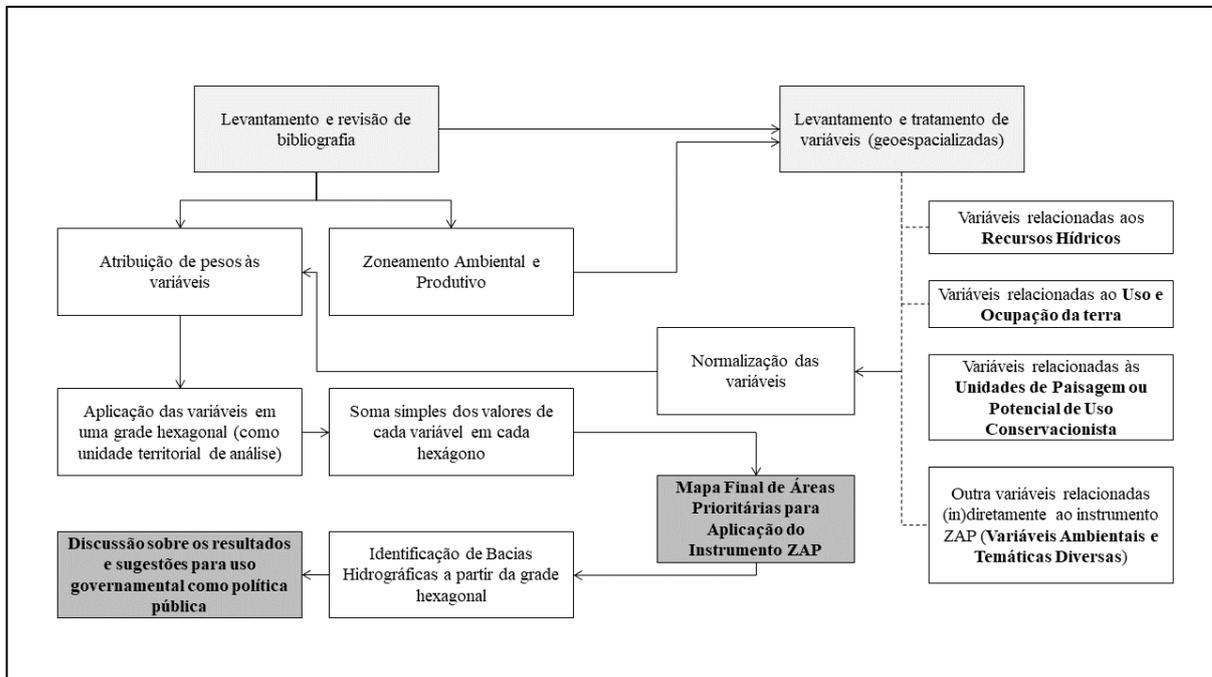


Figura 16 - Fluxo dos processos de pesquisa e da metodologia pretendida.

Nesta pesquisa foi utilizado um método composto para definição de áreas prioritárias aplicando pesos às variáveis normalizadas, as quais foram sobrepostas a uma grade hexagonal (IEF et al., 2021; SEMAD, 2020). O tamanho de cada hexágono (dez mil hectares) foi selecionado para fornecer detalhes precisos o suficiente para análise em todo o Estado, sem sobrecarregar os recursos de processamento com unidades excessivas que podem acrescentar pouco à resolução analítica. Geselbracht *et al.* (2005) também utiliza um grid em formato de hexágono para um outro contexto de pesquisa utilizando o software MARXAN, no entanto, para este trabalho foi utilizado o software QGIS para gerar tal grade. O valor de dez mil hectares aqui foi escolhido empiricamente e para facilitar na transição de escala entre as bacias otocodificadas.

Este tamanho reduzido em relação ao Estado e a uniformidade da área minimiza distorções que podem decorrer de escalas diferenciadas entre as variáveis além de direcionar a priorização de áreas (IEF et al., 2021) para uma solução eficiente (com mais detalhes por área de hexágono) possibilitando um melhor encaixe nas divisões oficiais de ottobacias hidrográficas. Ou seja, permite que as informações possam ser priorizadas até níveis mais detalhados de ottobacias.

Importante nesse passo é o uso das variáveis que vão definir as áreas prioritárias as quais irão compor valores únicos em cada hexágono de acordo com o objetivo exposto.

Concomitantemente, foi feita uma caracterização da área de estudo, neste caso do Estado de Minas Gerais, focada principalmente nas informações abarcadas nos estudos de ZAP, a fim de auxiliar na seleção de variáveis que serão utilizadas para a definição das áreas prioritárias para aplicação de ZAPs. Para isso, utilizou-se de fontes oficiais como IBGE, ANA, SECEX, IDE-Sisema, instituições públicas de Minas Gerais, e de fontes acadêmicas de pesquisas e artigos produzidos para compreender o cenário atual do Estado.

No que tange às informações geoespacializadas, buscou-se o uso dos sistemas de dados espaciais dos órgãos mencionados, com destaque à IDE-Sisema, principal base de dados primários para o ZAP.

Logo em seguida foi realizado o levantamento e tratamento de variáveis geoespacializadas relacionadas ao ZAP. As variáveis foram levantadas em cinco categorias de acordo com os três principais produtos que o ZAP levanta de informação, que são: as relacionadas aos recursos hídricos (IDHS), ao uso e ocupação da terra (cobertura do solo) e ao potencial de uso conservacionista (PUC), além de uma quarta e quinta categoria, chamadas aqui de Variáveis Ambientais e Temáticas Diversas, consecutivamente, que competem às variáveis relacionadas, mas que não se encaixam totalmente em um dos produtos do ZAP.

Todos os procedimentos aqui citados que envolvem a manipulação de dados geoespaciais foram realizados no software QGIS em sua versão 3.28.13. Foram também utilizados durante o processo o Microsoft Excel do Pacote Office 365 (para construção de tabelas, realização de cálculos e produção de gráficos) e o Google Colab (para programação e automatização de alguns procedimentos).

A seleção das variáveis foi realizada de forma que se obtivesse a maior representatividade das informações com o menor número de variáveis possíveis e que apresentassem adequação para análise do instrumento ZAP. Assim utilizou-se de doze (12) variáveis no total, sendo estas tratadas para que estivessem em perfeito alinhamento (principalmente as em formato raster) e com a mesmas resolução e projeção, sendo todas padronizadas dentro de cada hexágono (o Quadro 1 tem as informações de tratamento de cada variável).

**Quadro 1** - Variáveis utilizadas na definição de áreas prioritárias para aplicação do ZAP\*.

Variável Selecionada	Método e Aplicação no Hexágono	Escala Original	Transformação	Fonte
Usuários de Água Superficial (por captação m <sup>3</sup> /s)	Incluem os usuários de outorga, outorga coletiva e uso insignificante. Removido os usuários de água subterrânea, removido os usuários sem captação de água. Os valores para captação em barramento com regularização de vazão não levam em conta de fato a regularização desta. Os dados não foram padronizados em relação ao tempo de captação de cada usuário. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 é a maior soma de valores de captação em m <sup>3</sup> /s.	Pontual	-	IDE-Sisema (2023d)
Área de Conflito Hídrico	Quantidade de pixels de área de conflito hídrico. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Multiescala: 1:50.000 a 1:100.000 (Ottobacias)	Vetor transformado em raster e alinhado com o grid também em formato raster. Resolução de 30 metros.	IDE-Sisema (2023h)
Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)	Quantidade de pixels de PUCs Alto e Muito Alto. O PUC para todo Minas Gerais foi elaborado por MUCIDA <i>et al.</i> (2023). Normalizou-se os dados entre 1 a 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Produtos base para composição do PUC:  Geologia: 1:1.000.000 (CODEMIG, 2003) Pedologia: 1:650.000 (UFV <i>et al.</i> , 2010) Declividade: 30 metros (SRTM v3)	Raster em 30 metros	Mucida <i>et al.</i> (2023)
Uso e Ocupação - Agropecuária (Mapbiomas)	Quantidade de pixels de uso agropecuário. Obteve-se do MapBiomas os usos da classe 3 relacionados à atividade agropecuária. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais	1:100.000 (Prozuida a partir das imagens LandSat	Raster em 30 metros	MapBiomas (2022)

	próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	com resolução de 30m)		
<i>Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</i>	Número de licenças ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA). Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de licenças ambientais para atividades agrossilvipastoris (Listagem G).	Pontual	-	IDE-Sisema (2023c)
<i>Fiscalizações Ambientais (2016-2023)</i>	Número de fiscalizações ambientais emitidas entre 2016 e 2023 por hexágono. Filtradas por tipologias: Flora, Fauna, Atividades Potencialmente Poluidoras e Recursos Hídricos. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de fiscalizações ambientais de acordo com o filtro aplicado dentro do hexágono.	Pontual	-	IDE-Sisema (2023a)
<i>Qualidade das Pastagens</i>	Quantidade de pixels de pastagens com qualidade Severa e Intermediária por hexágono. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Resolução de 30 metros.	Raster alinhado com o grid. Resolução de 30 metros.	LAPIG (2021)
<i>Desmatamento (2008-2021)</i>	Quantidade de pixels de desmatamento. Informações de desmatamento obtidas do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal e Cerrado por Satélite (PRODES). Optou-se por incluir apenas desmatamentos pós 2008 (Código Florestal). Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Resolução de 30 metros.	Raster alinhado com o grid. Resolução de 30 metros.	INPE (2021)
<i>Área de Recomposição de APP declarada no CAR</i>	Quantidade de pixels de área de recomposição de APP declarada no CAR. Tal informação foi obtida através da autodeclaração no sistema CAR. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Poligonal de múltiplas escalas.	Vetor transformado em raster e alinhado com o grid também em formato raster. Resolução de 30 metros.	IDE-Sisema (2023b)

<i>Unidades de Conservação</i>	Quantidade de pixels de área de UCs por hexágono. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	Poligonal de múltiplas resoluções. De 1:1.000 a 1:250.000	Vetor transformado em raster e alinhado com o grid também em formato raster. Resolução de 30 metros.	IDE-Sisema (2023f; 2023g; 2022)
<i>Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</i>	Quantidade de pixels de área afetada/impactada. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de pixels dentro do hexágono.	1:50.000 (Produzida a partir das imagens Sentinel-2 com resolução de 10m)	Vetor transformado em raster e alinhado com o grid também em formato raster. Resolução de 30 metros.	IDE-Sisema (2023e; 2020)
<i>Número de Estabelecimentos Agropecuários (Censo Agro 2017)</i>	Número de estabelecimentos agropecuários por hexágono. Normalizou-se os dados entre 1 e 0 onde o mais próximo de 1 possui o maior número de estabelecimentos dentro do hexágono.	Pontual	-	IBGE (2017a)

**\*Legenda:** Em azul as variáveis relacionadas a Recursos Hídricos; em amarelo ao Potencial de Uso Conservacionista; laranja à Cobertura do Solo; verde às Ambientais; e cinza às temáticas diversas. Algumas variáveis podem se encaixar em mais de uma categoria.

No que tange à categoria de Recursos Hídricos, são utilizadas duas variáveis: a. Área de Conflito Hídrico e b. Usuários de Água Superficial.

As áreas de conflito hídrico representam legalmente regiões do Estado onde há mais demanda do que oferta de água, e é nessas regiões onde a maioria dos ZAPs foram elaborados até então, mostrando-se claramente uma importante variável a se incluir no estudo.

As outorgas e os cadastros de uso insignificantes de água superficial aqui utilizados como variáveis (Usuários de Água Superficial) são os mais recentes disponibilizados pelo IGAM (set-2022). São computados através do valor de captação em  $m^3/s$ , onde quanto maior a captação, mais prioritário para um estudo ZAP (ou seja, quanto maior a captação de água em  $m^3/s$  for em um hexágono, mais próximo do valor 1 para esta variável será).

Os dados foram solicitados diretamente à Gerência de Regulação de Usos de Recursos Hídricos por meio de SEI, a qual disponibilizou uma planilha previamente tratada de todos os usuários de água superficial (outorga direta, renovada, coletiva e de uso insignificante) que venceram no máximo até abril de 2022, ou seja, usuários vigentes de acordo com os requisitos do ZAP.

Contudo, em análise minuciosa na verificação dos dados recebidos, diversos usuários apresentavam algum dado falho como ausência de coordenadas geográficas, portarias inexistentes, entre outros, fazendo-se necessário a correção. Assim foram identificadas:

- 150 outorgas diretas sem informação de coordenadas foram corrigidas manualmente;
- 1 outorga estava com a portaria incorreta e não foi encontrada nos sistemas do IGAM: Processo nº 5622/2012 com 0,07  $m^3/s$  na CH DO3: Rio Santo Antônio;
- Dos 78.698 cadastros de uso insignificante, 25.672 foram removidos por serem apenas barramentos sem captação de água (para recreação, aquicultura ou dessedentação);
- 84 cadastros de uso insignificantes não possuíam coordenadas, e como são autodeclaratórios não há como obter de outra forma as informações, sendo então removidos, totalizando 0,04  $m^3/s$ ;
- 1 deles possuía coordenada incorreta (fora do país), removendo 0,001  $m^3/s$  do cálculo total;
- 16 usuários de outorga coletiva foram removidos, pois estavam desativados ou não realizavam captação de água (barramento para regularização de vazão, por ex.);

- 8 usuários de outorga coletiva foram removidos, pois eram apenas barramentos para regularização de vazão (sem captação).

Os usuários de água subterrânea não foram incluídos como variável, visto que o instrumento ZAP ainda não os levam em consideração como produto – a não ser em análises visuais sem inclusão de cálculos de demanda e oferta (FEAM/SEAPA, 2020; CGZAP, 2023) –, além de que nem sempre as águas subterrâneas são delimitadas pelas águas superficiais, uma problemática a ser enfrentada e tratada pelas futuras edições da metodologia ZAP.

Na categoria Potencial de Uso Conservacionista, a única variável inserida é a homônima elaborada para todo o Estado de Minas Gerais e publicado por Mucida *et al.* (2023). O PUC já traz em si três outras variáveis importantes nesta categoria: a declividade, os solos e a litologia. Para este modelo foi considerado quanto mais alta for a classe de PUC, mais prioritário é para aplicação de um ZAP, na medida em que se observa naturalmente na maioria das regiões do Estado, que as áreas de agricultura se desenvolvem nos PUCs mais altos, enquanto o contrário é, ou deveria ser em sua maioria, mais utilizado para conservação e proteção. Assim, utilizou-se as classes Alto e Muito Alto do PUC dentro de cada hexágono.

A categoria Cobertura do Solo, a única variável inserida é a de Uso e Ocupação – Agropecuária. Ela foi obtida através da classificação da Coleção 8 do MapBiomass<sup>16</sup> do ano de 2022 (MAPBIOMAS, 2022) para o Estado de Minas Gerais. Pelo objetivo de se tratar de aplicação de ZAP em áreas de atividade agropecuária para sustentabilidade, foi selecionado apenas os usos da classe 3 do MapBiomass, denominada Agropecuária, a qual abrange usos do setor, como lavouras, pastagens, silviculturas e suas especificidades.

Segundo CGZAP (2023, p. 65), o ZAP “tem o potencial de contribuir para a sustentabilidade e adequação de propriedades rurais sob os aspectos ambientais e produtivos, visando o uso conservacionista dos recursos”, e por isso a agropecuária entra em destaque nesta variável como a mais prioritária.

---

<sup>16</sup> Este produto do MapBiomass, utilizado aqui como uma variável, foi elaborado através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aliadas à inteligência artificial, onde foram utilizadas imagens do satélite Landsat para mapear (por vetorização automática) o uso e ocupação de todo o Brasil de 1985 a 2022.

De acordo ao MapBiomas (2023), o produto tem uma acurácia global de 91.3% com discordância de alocação<sup>17</sup> de 7,1% e discordância de quantidade<sup>18</sup> de 1,5%, mais que suficiente para representar bem o Estado de Minas Gerais na escala desta pesquisa.

Para a categoria de Variáveis Ambientais obteve-se diversas informações as quais conectam de alguma forma aos três produtos principais do ZAP. São elas: a. Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris); b. Fiscalizações Ambientais (2016-2023); c. Qualidade das Pastagens; d. Desmatamento (2008-2021); e. Área de Recomposição de APP declarada no CAR; f. Unidades de Conservação; e g. Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho. Sobre cada uma das variáveis selecionadas, se tem:

- a. As atividades agropecuárias consideradas efetiva e potencialmente poluidoras (ou daquelas que possam causar degradação ambiental) têm de passar por licenciamento ambiental (BRASIL, 1997). Para Minas Gerais, uma propriedade rural pode obter três tipos de licença: Prévia (LP), de Instalação (LI), de Operação (LO), de Operação Corretiva (LOC), além da Autorização Ambiental de Funcionamento (MINAS GERAIS, 2017).

Nesta variável optou-se por incluir apenas as licenças ambientais ativas de atividades agropecuárias as quais estão incluídas na listagem G da DN COPAM nº 213/17. Pelo objetivo da pesquisa, justifica-se incluir esta variável já que o licenciamento visa regulamentar usos que possam impactar ambientalmente seus arredores.

Assim, locais onde há maiores números de estabelecimentos licenciados ambientalmente tendem a necessitar de ferramentas e diagnósticos complementares como o ZAP, auxiliando na tomada de decisões, de prevenção e correção destes impactos, além de monitoramento.

Como tratamento, contou-se a quantidade de licenciamentos em cada hexágono e normalizou-se os valores entre 0 e 1 para cada um.

- b. A atividade de fiscalização desempenha um papel fundamental na estratégia de conservação ambiental, buscando principalmente coibir infrações ambientais. Ela ainda oferece suporte a diversas áreas, incluindo o licenciamento ambiental e a gestão dos

---

<sup>17</sup> “A discordância de alocação é uma medida da discordância no arranjo espacial dos pixels das diferentes” classes (MOREIRA *et al.*, 2016, p. 586).

<sup>18</sup> “A discordância de quantidade é a medida da diferença na proporção das classes entre os mapas avaliados” (MOREIRA *et al.*, 2016, p. 586).

recursos hídricos e do território, importantes questões nas bacias hidrográficas e propriedades rurais do Estado.

As fiscalizações ambientais foram aqui filtradas para as tipologias fauna, flora, recursos hídricos e atividades potencialmente poluidoras. Infere-se que onde haja um maior número de fiscalizações ambientais aconteça maiores impactos ambientais e de forma semelhante à variável interior, quanto maior a quantidade de fiscalizações, maior o valor no hexágono.

Tais localizações se beneficiariam de uma ferramenta como o ZAP para levantar diagnósticos que auxiliam os órgãos licenciadores e os próprios licenciados.

- c. Qualidade das pastagens é um assunto comumente discutido em pesquisas acadêmicas e abrange diversos tópicos de estudos, desde ambiental até econômico. As pastagens antrópicas são formadas através da conversão de vegetação nativa de grandes áreas para ceder espaço às atividades pecuárias.

Através deste processo, criou-se um passivo ambiental já que a maioria das áreas foram formadas sem pensar na sustentabilidade, ocasionando impactos e danos ambientais, como erosão, uso intensivo dos recursos hídricos, manejo inadequado do solo e ausência de técnicas de conservação (ARMENTERAS *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2016).

Assim, foi-se necessário elaborar formas de executar as atividades pecuárias sem degradar ao ambiente através de técnicas diretas e indiretas de recuperação de pastagens que vão de encontro ao uso sustentável, como por exemplo, calagem e adubação, ILP/ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta), SSP (Sistema silvipastoril), entre outros (CARVALHO *et al.*, 2017).

O ZAP pode auxiliar na identificação dessas áreas degradadas, principalmente através do novo produto de Resultados Finais lançado com a 4ª edição da metodologia (CGZAP, 2023) denominado como definição do nível de degradação de pastagens.

Contudo, tal variável se justifica importante para esta pesquisa e foi selecionado aqui as pastagens identificadas como degradação severa e intermediária pelo LAPIG (2021).

- d. O desmatamento é intrínseco à atividade agropecuária o qual pode ser realizado de forma legalizada através das Autorizações para Intervenção Ambiental (supressão de vegetação nativa) ou de forma ilegal, o que causa danos de difíceis mitigações e até mesmo irreparáveis.

Nesta variável, foi selecionado apenas os desmatamentos que aconteceram após julho de 2008, já que, conforme o art. 66 do Código Florestal (BRASIL, 2012), os desmatamentos que ocorreram até 22 de julho de 2008 podem ser regularizados através da adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) sem ônus ao produtor, contando já com um instrumento de gestão para auxiliar.

A variável foi obtida por meio do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal e Cerrado por Satélite (PRODES), que apesar do nome, tem informações de desmatamento para todo o país em resolução de 30 metros. É importante frisar que se inclui aqui os desmatamentos legalizados, já que o projeto não faz essa distinção em suas informações.

Entende-se que as áreas desmatadas podem se beneficiar de um diagnóstico como o ZAP o qual é capaz de indicar áreas a serem recuperadas e auxiliar na compreensão de toda a bacia e nas complicações que áreas desmatada podem trazer à produção agropecuária, aos usos múltiplos da água e dos recursos naturais.

- e. Os imóveis rurais, inscritos no CAR, que constam como declarados a indicação para a recomposição das áreas de preservação permanente (APP), foram selecionados nessa variável. As APPs desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade e na proteção dos recursos naturais, uma vez que elas conservam a biodiversidade, protegem os recursos hídricos, controla o clima, previne desastres naturais, manutenção dos serviços ecossistêmicos, entre outros.

Intervenções nessas áreas, geralmente feitas em áreas urbanas e/ou por atividades agrícolas causam grandes impactos que podem, além de desestabilizar ecossistemas, diminuir a produtividade agrícola de diversas bacias hidrográficas. Com isso, tais áreas que possuem APPs a serem recompostas se beneficiam com aplicação de ferramentas de gestão territorial, como o ZAP, sendo assim inclusa como variável aqui.

A fonte de dados temo como origem o banco de dados do Sicar (Sistema de Cadastro Ambiental Rural v3.0.0) e foi utilizado a quantidade de pixels de área declarada para recomposição de APP. É importante ressaltar que os dados do Sicar são autodeclaratórios e ainda não passaram totalmente por uma análise do órgão competente em Minas Gerais.

- f. Unidades de Conservação (UCs) são áreas protegidas legalmente designadas para preservar a biodiversidade, os recursos naturais e os ecossistemas. Elas desempenham

um papel crucial na conservação da natureza e na promoção do uso sustentável dos recursos naturais.

No Brasil, as UCs são regulamentadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei Federal nº 9.985/2000. Existem dois tipos principais de UCs: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. Levou-se em conta como variável aqui as UCs de Proteção Integral de todas as três esferas governamentais: municipal, estadual e federal.

O ZAP e as UCs estão interligados, pois ambos buscam a gestão e a ordenação do uso do solo visando à conservação ambiental, considerando a importância de áreas naturais especiais para a biodiversidade e para a sustentabilidade a longo prazo.

Para esta variável, foram contados o número de pixels de UCs por hexágono.

- g.** A variável de área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho se faz importante nesta pesquisa por conta dos grandes impactos ambientais e socioeconômicos ocasionados em 2015 e 2019, respectivamente. Os hexágonos que possuem este tipo de área receberão o valor do número de pixels referente. A recuperação da área afetada continua sendo uma prioridade para as autoridades locais e governamentais, e para isso é importante valer-se de instrumentos de gestão territorial, como o ZAP, o qual já foi aplicado em algumas sub-bacias afetadas no Rio Doce (EMATER, 2018a; 2018b; 2017a; 2017b; 2017c; 2017d; 2016) e em todo o trecho do Paraopeba afetado em Brumadinho (CTC PROJETO BRUMADINHO UFMG, 2020), este último ainda não passado pelo crivo do CGZAP.

Para a última categoria: Temáticas Diversas, a única variável inserida foi a de Número de Estabelecimentos Agropecuários, levantado pelo último Censo Agro de 2017 (IBGE, 2017a). Como a pesquisa se concentra no ZAP aplicado à agropecuária sustentável, faz sentido incluir a quantidade de estabelecimentos desta atividade. Para esta variável, foram contados o número de estabelecimentos em cada hexágono.

Após a seleção das variáveis, para fins organizacionais, diminuição da redundância dos dados obtidos, e principalmente evitar que o resultado fique enviesado para as variáveis com maior ordem de grandeza, foi realizado a normalização dos dados das variáveis (que contém valores numéricos graduais) pelo método do *Min-Max* através de uma variação linear (EASTMAN, 1997):

$$X_{alterado} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Onde:

$X$  = é o valor a ser normalizado

$X_{min}$  = valor mínimo para a variável

$X_{max}$  = valor máximo para a variável

A aplicação da fórmula normaliza os valores de todas as variáveis entre 0 e 1. De acordo com o peso dado a cada variável (próxima etapa), o valor mais prioritário para aplicação do ZAP neste contexto é 1, sempre tendo a premissa de que o ZAP é utilizado para gerar dados e informações que auxiliam na gestão territorial e aumento da produtividade sustentável da atividade agropecuária em uma sub-bacia hidrográfica.

A fórmula pode ser aplicada diretamente em SIG utilizando a “Calculadora de Campo” no QGIS, contudo, para facilitar e acelerar o processo, foi utilizado o plugin “*OpenQuake Integrated Risk Modelling Toolkit*”, o qual possui a ferramenta “*Min-Max normalization*” que realiza a normalização Min-Max em múltiplos campos da tabela de atributos de uma vez simultaneamente.

Feita a normalização, pela natureza do ZAP trabalhar elementos que nem sempre se correlacionam de forma direta, todas as variáveis foram submetidas a uma análise estatística básica para verificar se havia fortes correlações que indicariam a remoção de variáveis, com o objetivo de diminuir a quantidade de informações.

Foi então utilizado o software da nuvem *Google Colab* através da linguagem de programação Python usando pacotes como *pandas*, *numpy*, *matplotlib* e *seaborn*. Para a análise de correlação, foi utilizado o guia produzido por Mukaka (2012) o qual divide a correlação e seus valores em baixa, média e alta, auxiliando na interpretação dos resultados. Ainda na base estatística, foi produzida uma tabela com a estatística descritiva de cada variável para fins demonstrativos e comparativos.

Durante a pesquisa, foram-se pensados e testados métodos para atingir o objetivo, entre eles, *K-means* (agrupamento) e Análise de Componentes Principais (PCA) os quais não responderam bem para o tamanho das amostras e da diversidade dos dados. Com isso, por questão de facilidade na reaplicação (sendo possível inserir novas ou remover variáveis e recalcular pesos)

e na participação de pesquisadores e técnicos que trabalham diretamente com o ZAP, optou-se pela opção de aplicação de pesos às variáveis.

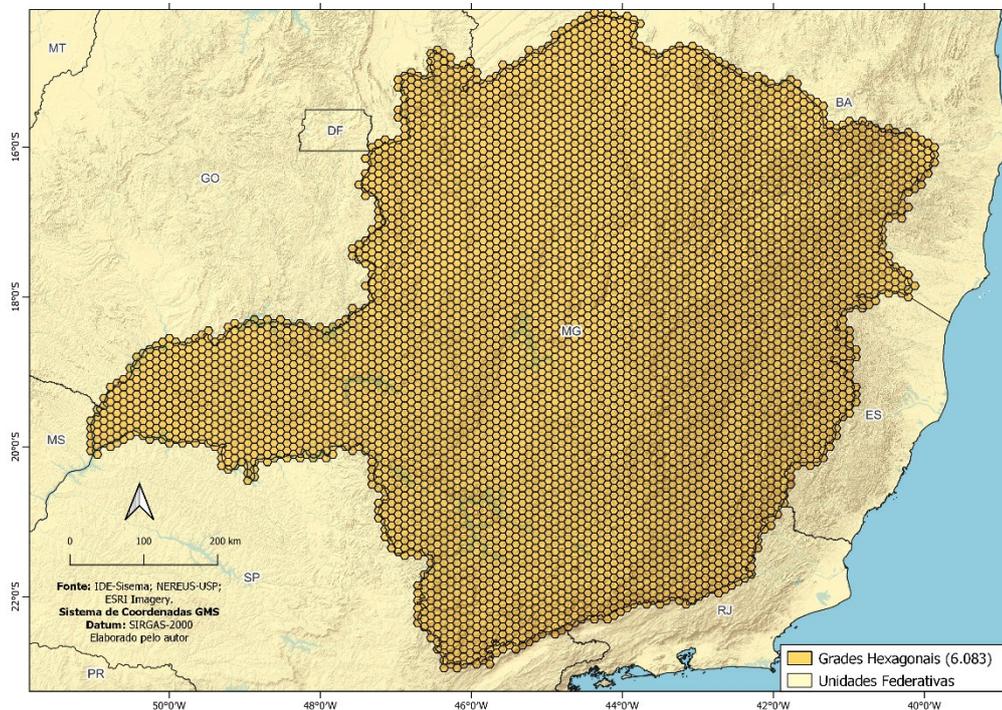
Com as variáveis normalizadas e passadas pela análise estatística, aplicou-se pesos às variáveis, os quais foram obtidos através de consulta a especialistas, por meio de formulário eletrônico online (APÊNDICE B). Tal formulário foi enviado ao CGZAP e aos NEPZAPs, principais agentes institucionais, de pesquisa e de aplicação da ferramenta. Obteve-se um total de 16 (dezesseis) respostas, no qual cada entrevistado selecionou, por ordem de importância, cada variável de acordo com o objetivo desta pesquisa. As respostas foram compiladas e tratadas de acordo com os resultados expressos no APÊNDICE C. Estes foram, então, consolidados a partir da média dos resultados de cada resposta e então normalizados.

Para a consolidação, definiu-se em cada resposta um valor padrão para as variáveis mais importantes. Há um total de doze variáveis na qual os valores serão somados a partir de cada resposta e então obtida a média. Os valores são distribuídos de acordo com a seleção de prioridade pelo participante, onde o valor 12 significa uma variável com maior prioridade e o valor 1 com menor prioridade. Como exemplo, para uma resposta x, a variável mais importante para o participante foi a de Área de Conflito Hídrico Superficial, recebendo um valor de 12, enquanto a menos importante recebeu um valor de 1.

Todos os valores de prioridade são então somados e obtém-se sua média para cada variável. A partir do resultado da média, para efeitos comparativos e padronização de todos os valores trabalhados durante a pesquisa, optou-se por também aplicar a normalização por Min-Max. Contudo, este tipo de normalização gera valores iguais a zero, e para que não haja erro e que a variável com menor prioridade não seja anulada, adicionou-se o valor 1 em todas as variáveis após o processo de normalização.

Para aplicação dos pesos às variáveis, foi utilizada uma grade hexagonal para alcançar o resultado proposto, sendo gerados 6.083 hexágonos sobre a extensão territorial do Estado, possuindo exatamente 10 mil hectares cada (Figura 17). Para gerar os hexágonos, foi utilizada a ferramenta do QGIS “*Criar grade*” que pode ser localizada no menu “*Vetor -> Investigar*” onde em “*Tipo de grade*” foi selecionado Hexágono (Polígono) e em “*Extensão da grade*” foi selecionado o polígono de limite do Estado de Minas Gerais obtido da IDE-Sisema. Os espaçamentos horizontais e verticais foram ajustados para se alcançar dez mil hectares em cada hexágono. Foi utilizada uma Projeção Equivalente de Albers, usada pelo IBGE por conta da

extensão do Estado e para não ser necessária a divisão em três fusos da projeção SIRGAS 2000 UTM.



**Figura 17** - Grade Hexagonal utilizada sobre o Estado de Minas Gerais.

As variáveis foram então submetidas à grade hexagonal de acordo com os tratamentos que cada uma obteve. As em formato raster/matricial foram calculadas para cada hexágono utilizando a ferramenta “*Estatísticas Zonais*” utilizando a medida mencionada no Quadro 1 de cada uma delas para os hexágonos individualmente. As em formato pontual foram calculadas utilizando a ferramenta “*Contagem de pontos em polígono*” onde o campo de peso foi o valor da variável a ser utilizado.

O valor final de cada variável foi multiplicado pelos pesos obtidos anteriormente e então somados para cada hexágono (Equação 1) e, aqueles que tiverem os maiores valores, corresponderam aos prioritários para a aplicação do instrumento ZAP. Estes procedimentos de cálculo foram realizados utilizando a ferramenta “*Calculadora de campo*” do QGIS e inseridos em um campo específico na tabela de atributos da grade hexagonal.

### ***Valor de Priorizacao***

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Variável A} \times 1,78) + (\text{Variável B} \times 2) + (\text{Variável C} \times 1,65) \\
 &+ (\text{Variável D} \times 1,84) + (\text{Variável E} \times 1,44) + (\text{Variável F} \times 1,29) \\
 &+ (\text{Variável G} \times 1,46) + (\text{Variável H} \times 1,62) + (\text{Variável I} \times 1,23) \\
 &+ (\text{Variável J} \times 1,35) + (\text{Variável K} \times 1) + (\text{Variável L} \times 1,28)
 \end{aligned}$$

**Equação 1** – Fórmula utilizada para aplicação dos pesos e obtenção do valor final de priorização. \**Legenda: A: Usuários de Água Superficial; B: Área de Conflito Hídrico Superficial; C: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto); D: Uso e Ocupação - Agropecuária; E: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris); F: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora); G: Qualidade das Pastagens; H: Desmatamento (2008-202); I: Área de Recomposição de APP declarada no CAR; J: Unidades de Conservação; K: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho; L: Número de Estabelecimentos Agropecuário.*

Com o resultado da aplicação da prioridade em cada variável, todo o conjunto de dados foi simbolizado em SIG utilizando simbologia graduada no modo estatístico de quebra natural, dividido em cinco classes de prioridade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

Os hexágonos foram mantidos em formato vetorial para facilitar a visualização e possibilitar a inclusão de novas informações em SIG por meio da tabela de atributos.

Com as grades em hexágonos prontas, elaborou-se em formato de mapas os pré-resultados de todas as doze variáveis utilizadas para compor a análise final. Os mapas apresentam os valores para cada variável individualmente, dividida nas categorias mencionadas anteriormente, por cada hexágono.

Por fim, realizou-se a produção do mapa final de áreas prioritárias para aplicação do ZAP, sendo este apresentado em uma grade hexagonal sobreposto às camadas de mesorregiões, às CHs, aos municípios<sup>19</sup> e às ottobacias, indicando-as até o nível 5 e 6 (em mapa e lista), quais bacias hidrográficas são prioritárias para aplicação do instrumento.

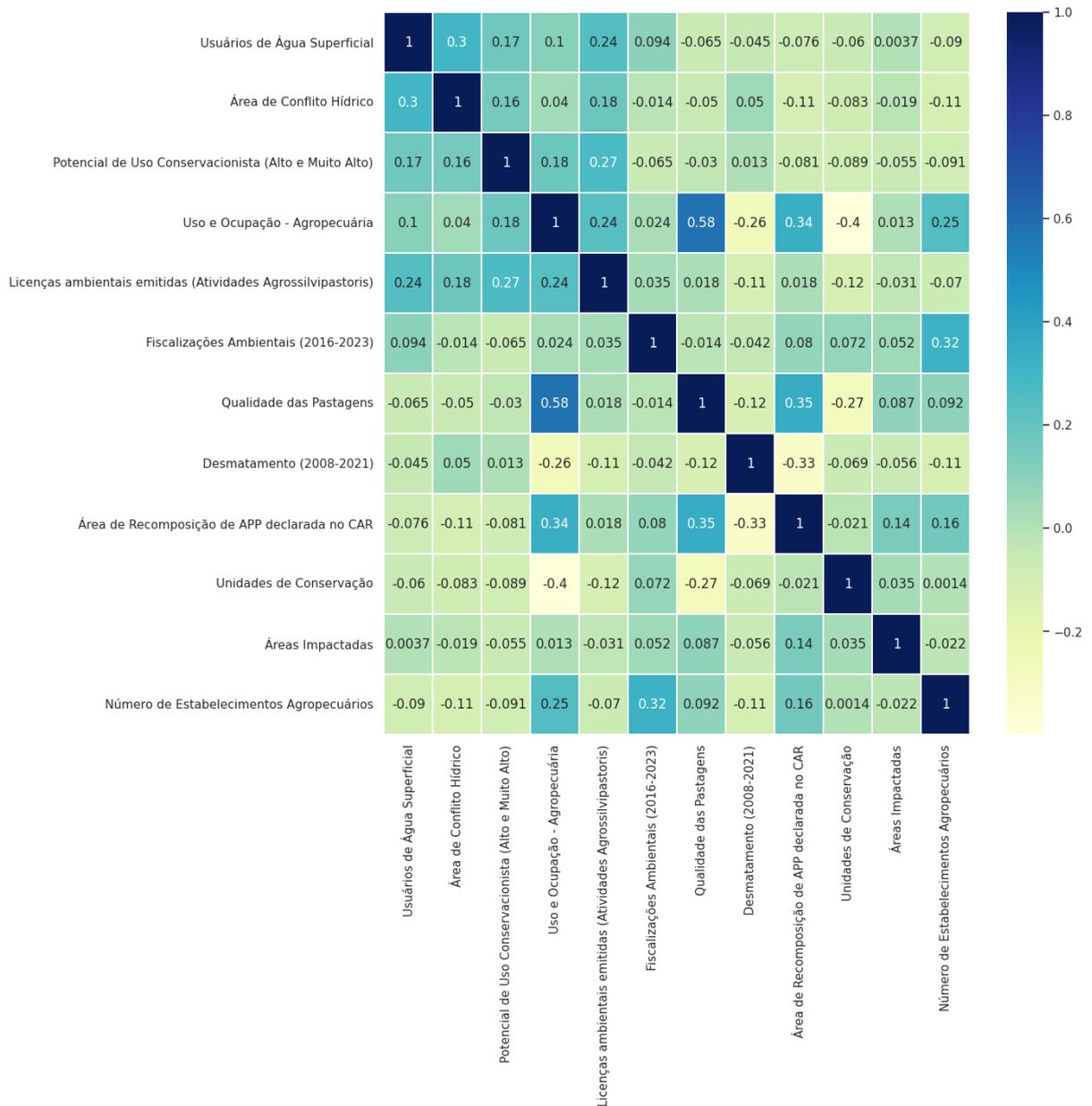
---

<sup>19</sup> Para as mesorregiões, por município e por circunscrição hidrográfica a análise foi feita a partir do cálculo da média de valor do resultado dos hexágonos dentro de cada um destes limites. Este resultado foi então ponderado pelo tamanho da área de cada delimitação.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise estatística

A Figura 18 apresenta a análise estatística básica das doze variáveis utilizadas em cada hexágono sobre o Estado.



**Figura 18** - Correlação entre as variáveis utilizadas.

Não foram observadas correlações fortes e muito fortes ( $> 0,7$ ) entre as variáveis, sendo estas moderadas (0,5 a 0,7) apenas para as variáveis de Uso Agropecuário e Qualidade de Pastagens. Este resultado pode ser explicado pelo extenso número de amostras e pelas diferenças regionais do Estado de Minas Gerais.

O resultado obtido indica que não é necessário remover nenhuma das variáveis selecionadas, já que o intuito desta pesquisa não é utilizar variáveis correlacionadas e sim as relacionadas à metodologia ZAP, que é baseada em três produtos principais os quais nem sempre se correlacionam fortemente. Isto é, se duas variáveis apresentassem forte correlação e uma delas não fosse removida, ela traria um peso a mais neste tipo de variável, por exemplo, se Qualidade de Pastagens e Uso Agropecuários tivessem uma correlação alta, elas trariam a mesma resposta geoespacialmente e uma funcionaria como um peso a mais para a outra.

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva de cada variável utilizada, evidenciando o número de amostras (hexágonos), a média, o desvio padrão, o valor mínimo e máximo, além das porcentagens entre estes valores após normalização. Pode-se observar que há um maior valor médio para Uso e Ocupação Agropecuária, seguido por PUC e Qualidade de Pastagens, variáveis que farão diferença nos resultados de definição de área prioritária.

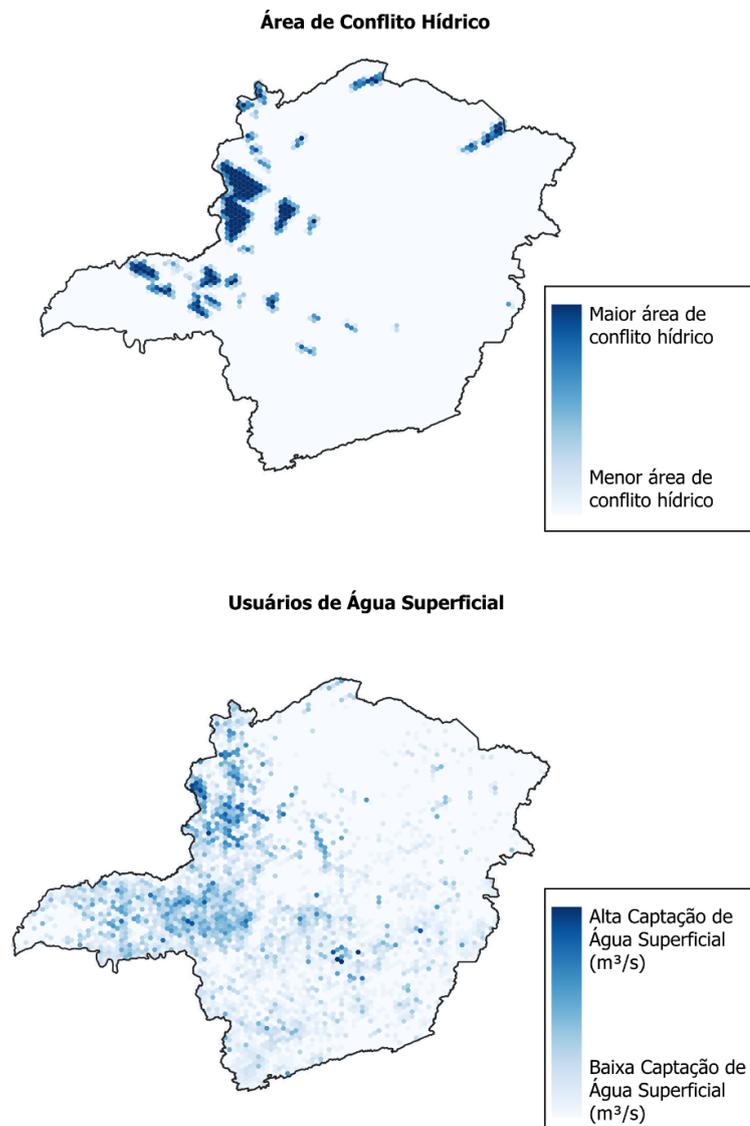
**Tabela 3** - Estatística descritiva das variáveis utilizadas.

<b>Variáveis</b>	<b>Contagem</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mín.</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>Máx.</b>
Usuários de Água Superficial	6083	0,0112	0,0346	0,0000	0,0001	0,0010	0,0072	1,0000
Área de Conflito Hídrico	6083	0,0415	0,1737	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)	6083	0,4148	0,3039	0,0000	0,1578	0,3451	0,6662	1,0000
Uso e Ocupação - Agropecuária	6083	0,6310	0,2278	0,0000	0,4849	0,6907	0,8155	1,0000
Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)	6083	0,0392	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000	0,0588	1,0000
Fiscalizações Ambientais (2016-2023)	6083	0,0696	0,0849	0,0000	0,0211	0,0422	0,0886	1,0000
Qualidade das Pastagens	6083	0,2628	0,1947	0,0000	0,1018	0,2328	0,3891	1,0000
Desmatamento (2008-2021)	6083	0,1171	0,1275	0,0000	0,0230	0,0710	0,1707	1,0000
Área de Recomposição de APP declarada no CAR	6083	0,0773	0,0884	0,0000	0,0139	0,0436	0,1121	1,0000
Unidades de Conservação	6083	0,0857	0,2320	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Áreas impactadas	6083	0,0044	0,0513	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Número de Estabelecimentos Agropecuários	6083	0,0929	0,1014	0,0000	0,0260	0,0614	0,1247	1,0000
--	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

#### 4.2 Pré-resultados de cada variável

Os pré-resultados são apresentados aqui para cada variável utilizando a grade hexagonal. Aqueles hexágonos com maior área ou maior quantidade de pontos apresenta uma tonalidade mais quente quando em comparação com os outros. Hexágonos onde não há registros das variáveis receberam o valor de 0 com uma tonalidade mais fria. A Figura 19 mostra a aplicação do método para as variáveis de Recursos Hídricos: Usuários de Água Superficial e Área de Conflito Hídrico.

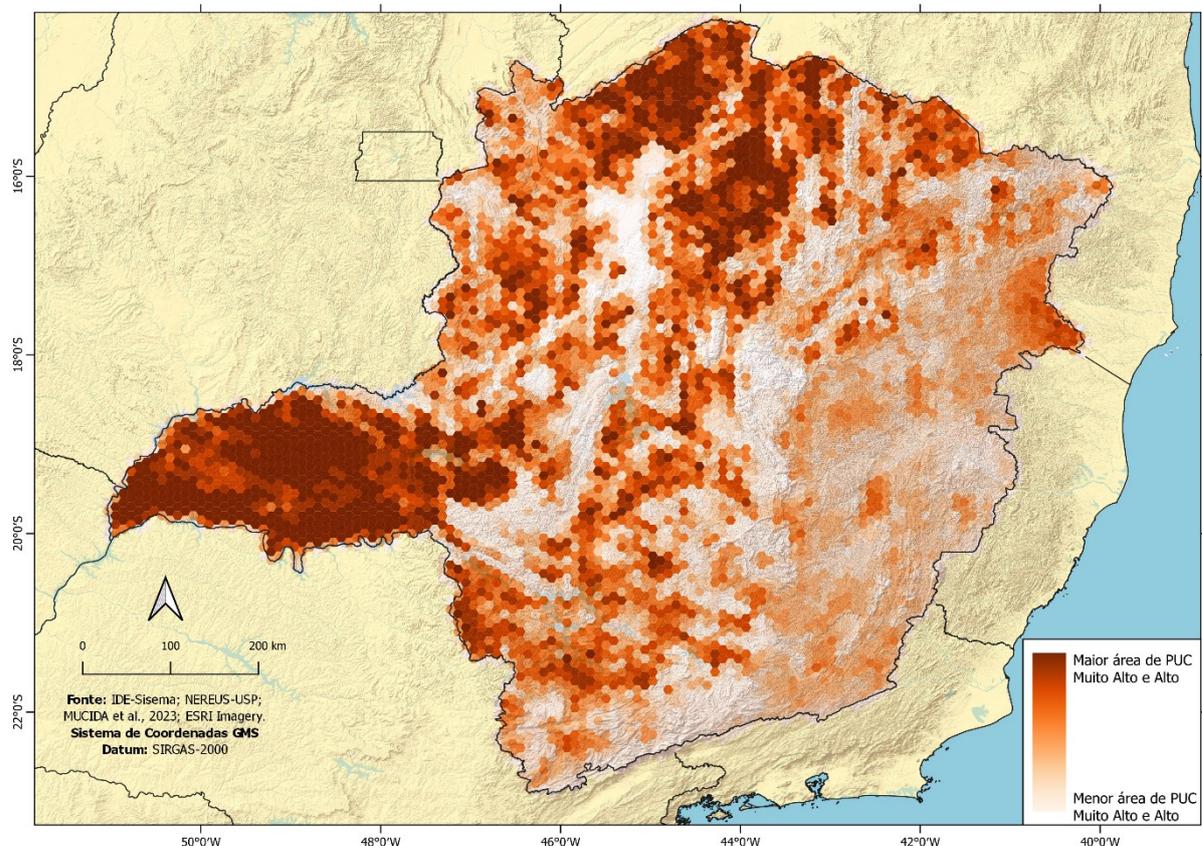


**Figura 19** - Variáveis de Recursos Hídricos aplicadas à grade hexagonal em Minas Gerais.

Para a variável Área de Conflito Hídrico Superficial, observa-se uma maior concentração nas mesorregiões do Triângulo Mineiro e do Noroeste de Minas, áreas com fortes atividades agropecuárias por irrigação e, portanto, com alta demanda hídrica (FERREIRA *et al.*, 2018; IGAM, 2023; IGAM, 2022b).

Comportamento semelhante se observa para a variável de Captação de Água Superficial, com a diferença de que alguns hexágonos no centro do Estado se evidenciaram, como por exemplo, a região metropolitana de Belo Horizonte, onde há, de fato maior captação para consumo de água na região (HENRIQUE *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2023).

A análise do Potencial de Uso Conservacionista (Figura 20) demonstra concentração das classes de PUCs Alto e Muito Alto na região do Triângulo Mineiro e no Norte e Noroeste de Minas. Tais resultados refletem as condições do meio físico nestas áreas onde predominam solos profundos como os Latossolos em relevo plano, condições essas que favorecem o desenvolvimento agropecuário, além de serem áreas prioritárias para recarga hídrica (COSTA *et al.*, 2019a; COSTA *et al.*, 2019b; MUCIDA *et al.*, 2023).

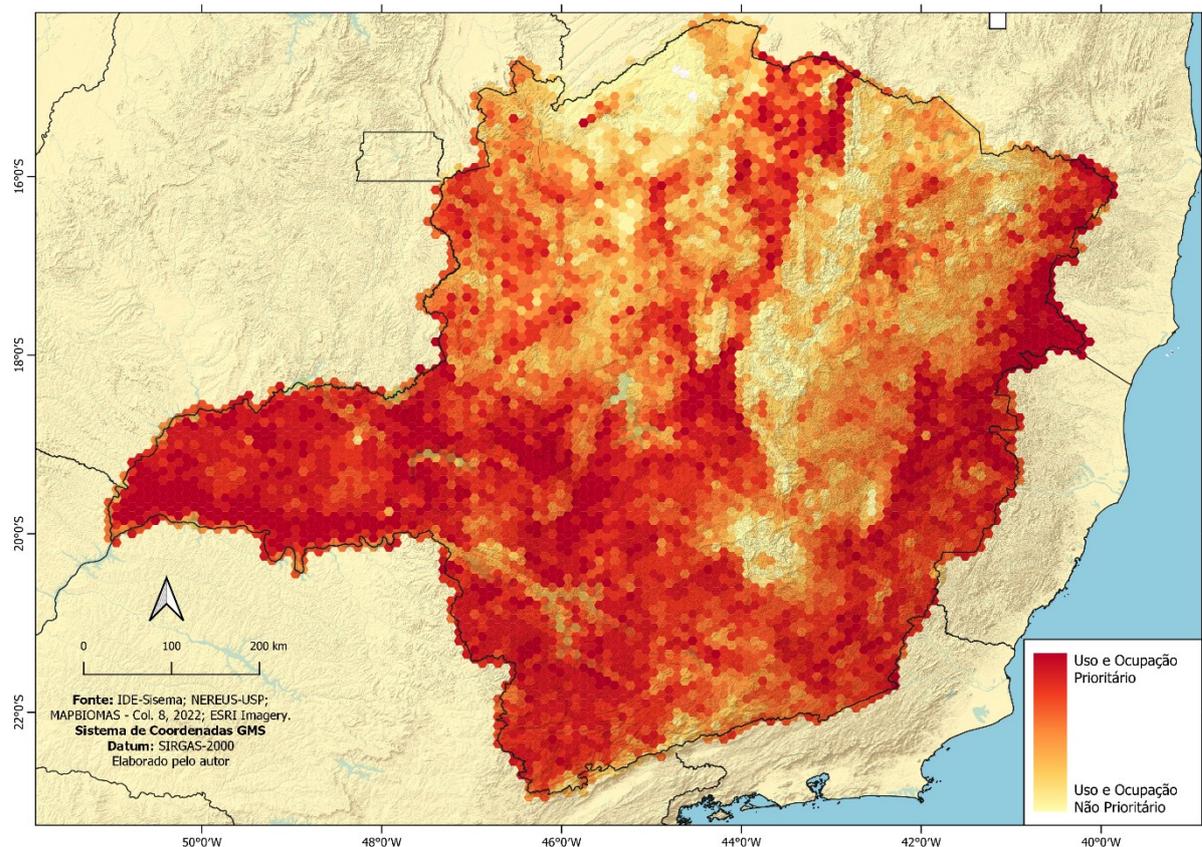


**Figura 20** - Variável de PUC aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais.

A análise da variável Uso e ocupação da terra (Figura 21) mostra os resultados para a única variável da categoria Cobertura do solo. O resultado mostra que a maioria do Estado de Minas

Gerais enquadra-se na faixa de priorização para o ZAP nesta variável. Já os valores com menor prioridade se concentram nas áreas mais conservadas, principalmente onde se observa as unidades de conservação com grande quantidade de vegetação.

Nota-se uma maior concentração na região do Triângulo Mineiro (nas CHs do Rio Paranaíba e Grande), além de todo o leste do Estado. São regiões no geral reconhecidas pelos polos agropecuários com grande concentração de uso e ocupação de pastagens e lavouras.



**Figura 21** - Variável de Cobertura do solo aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais.

A Figura 22 apresenta as variáveis incluídas na categoria Variáveis Ambientais correspondente a: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris), Fiscalizações Ambientais (2016-2023), Qualidade das Pastagens, Desmatamento (2008-2021), Área de Recomposição de APP declarada no CAR, Unidades de Conservação e Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho.

As variáveis de licenças ambientais e fiscalizações ambientais do setor agropecuário possuem uma certa correlação com o uso e ocupação agropecuário. Contudo, espera-se que haja concentração em hexágonos que possuem maior valor para uso e ocupação agropecuário.

Novamente pode-se observar uma maior concentração das variáveis na região do Triângulo Mineiro e no noroeste de Minas, além de alguns hexágonos destacados nas CHs do Rio Pará (SF2) e do Rio Piranga (DO1).

Já a variável de fiscalizações ambientais, por sua vez, se difere da de licenças, uma vez que os hexágonos mostram uma aplicação demasiada destas no Leste e centro do Estado. Interessante notar que há uma concentração na região metropolitana de Belo Horizonte, principalmente nas áreas de mineração e na cabeceira do Rio das Velhas, importante contribuidor de água para abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

A qualidade de pastagens é uma importante variável que pode se beneficiar dos resultados de um estudo de ZAP. Neste caso para todo o Estado, há uma generalização de pastagens em qualidades severas, contudo vê-se uma predominância no extremo oeste do triângulo mineiro, na porção leste das mesorregiões Noroeste de Minas e Vales do Jequitinhonha e Mucuri e nas pastagens do Rio Doce em seu médio trecho, onde essa variável tem forte interface com a categoria cobertura do solo.

A variável de desmatamento (2008-2021) se mostra mais presente na região Noroeste, Norte Jequitinhonha e Central. Com exceção da central, as regiões citadas possuem um clima mais árido que influencia no desmatamento por queimadas naturais, o que pode indicar sua maior concentração neste resultado (CHAVES, 2019). Contudo, é possível que haja desmatamento antrópico, não sendo possível afirmar, uma vez que o dado do PRODES não faz essa distinção.

O resultado desta variável apresenta o indicativo de que estas regiões se mostram prioritárias tendo em vista que concentram a parcela de vegetação residual no Estado, já que regiões bem desenvolvidas no setor agrícola já não possuem vegetação expressiva passível de desmatamento. É possível que esse desmatamento tenha se intensificado pelo desenvolvimento através da expansão das fronteiras agrícolas e pela adoção de tecnologia moderna no Norte de Minas, como por exemplo os projetos de irrigação e transposição na região (LAURENTINO *et al.*, 2021; BORGES *et al.*, 2019). Este crescimento económico não só fortaleceu a economia regional, mas também criou mais empregos e rendimentos para a comunidade local (REIS *et al.*, 2012).

Minas Gerais é o 5º estado com mais desmatamento no bioma Cerrado (cerca de 42 mil km<sup>2</sup> ou 13,52%), o 7º no bioma Caatinga (cerca de 7.420 km<sup>2</sup> ou 6,22) e o 1º no bioma Mata Atlântica

(cerca de 14 mil km<sup>2</sup> ou 22,62%)<sup>20</sup>. Essa variável também tem forte interface com a categoria cobertura do solo.

As Áreas de Recomposição de APP são autodeclaradas no CAR e ainda se encontram em análise dinâmica pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF)<sup>21</sup> para a maioria dos imóveis rurais. Ainda assim, é um importante dado que se ajusta aos preceitos do ZAP, o qual levanta informações sobre APPs e em alguns estudos que disponibilizam o Potencial de Adequação (documento que auxilia na elaboração de ações para a sub-bacia em estudo) é possível estimar valores para cercamento e recuperação de APPs hídricas e de nascentes.

Esta variável se mostrou fortemente presente na região leste do Estado e no extremo oeste do Triângulo Mineiro. Há também um pequeno número de hexágonos no centro do Estado, logo a jusante da represa de Três Marias. Os hexágonos mais escuros representam maior área para que haja recomposição de APP declarada através do CAR.

As Unidades de Conservação - UCs (incluídas aqui as municipais, estaduais e federais) estão distribuídas pelo Estado com exceção do Triângulo Mineiro, Noroeste de Minas e Central Mineira, as quais contam com poucos hexágonos com área de UC. Importante variável a qual o ZAP pode contribuir no diagnóstico, principalmente das áreas adjacentes quando essas possuem influentes usos agropecuários. Vale destacar a aplicação do ZAP como instrumento diagnóstico para o Plano de Manejo da UC MONAESP (Serra da Piedade) (SEMAD/SEAPA, 2019).

A última variável desta temática, as Áreas afetadas/impactadas pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho, apresenta os hexágonos priorizados de acordo com a delimitação das áreas afetadas (dada pelos órgãos oficiais).

Importante frisar neste caso que para o rompimento da barragem de fundão, houve mapeamento da área afetada até o deságue do Rio Doce no Oceano Atlântico, enquanto para o rompimento da barragem do Córrego do Feijão, em Brumadinho, delimitou-se apenas à bacia hidrográfica do Córrego do Feijão oficialmente.

Por conta dos rompimentos de barragem e dos incontáveis passivos ambientais deixados por eles (PEREIRA *et al.*, 2019; LOPES, 2016), é extremamente importante que as áreas afetadas

---

<sup>20</sup> Como pode ser visto nos gráficos do TerraBrasilis, correspondente ao desmatamento acumulado desde 2001 (esse valor não diferencia a legalidade do desmatamento):

[http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/mata\\_atlantica/increments](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/mata_atlantica/increments)

<sup>21</sup> Mais informações em <http://www.ief.mg.gov.br/cadastro-ambiental-rural-car>

tenham o maior número possível de informações para que os gestores territoriais consigam recuperar, reflorestar e dar novos usos à terra. O ZAP é uma excelente ferramenta para que seja levantada as informações necessárias para tais ações. Assim, esta variável foi incluída na temática ambiental, tendo uma interface grande com a temática de cobertura do solo.

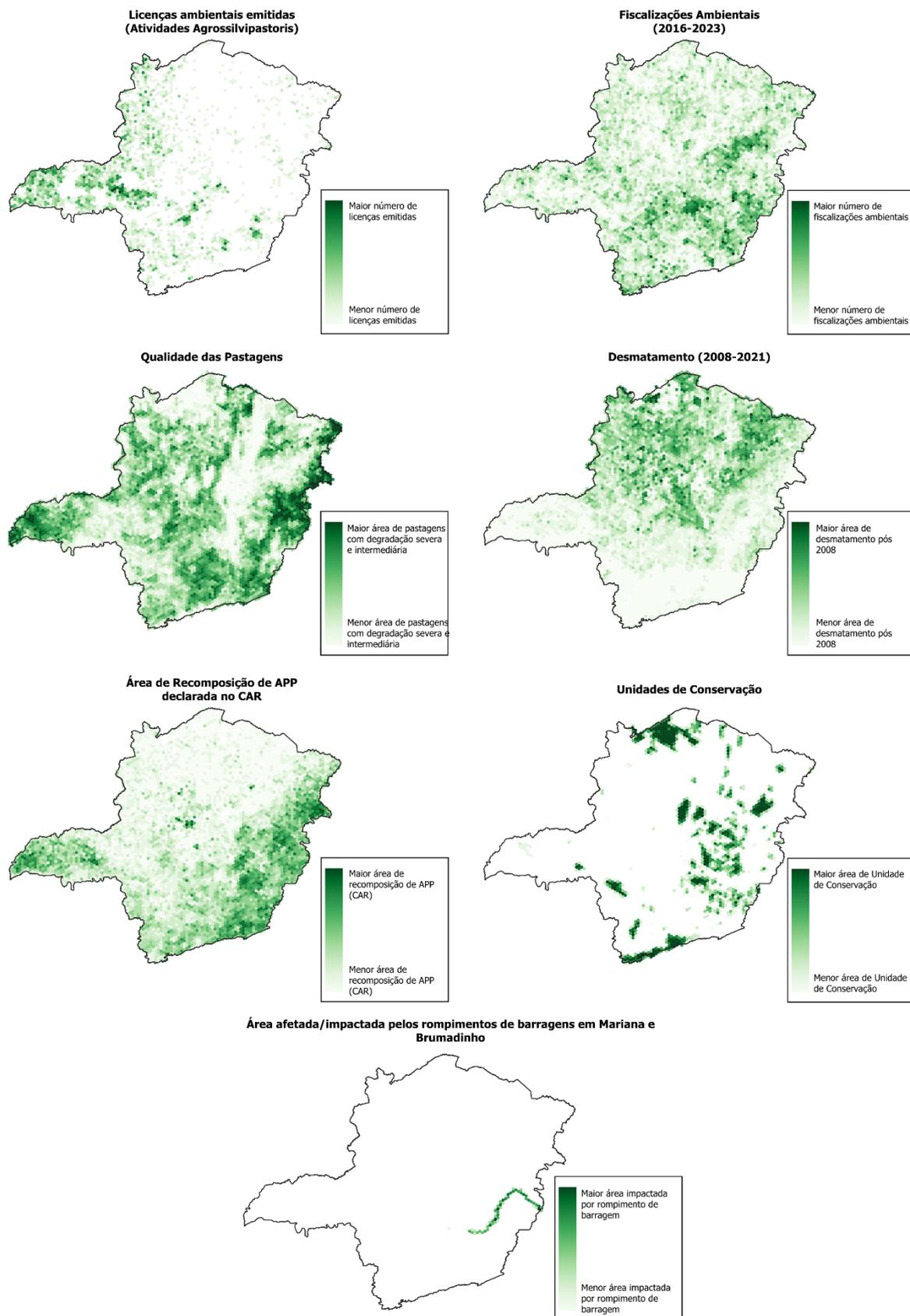
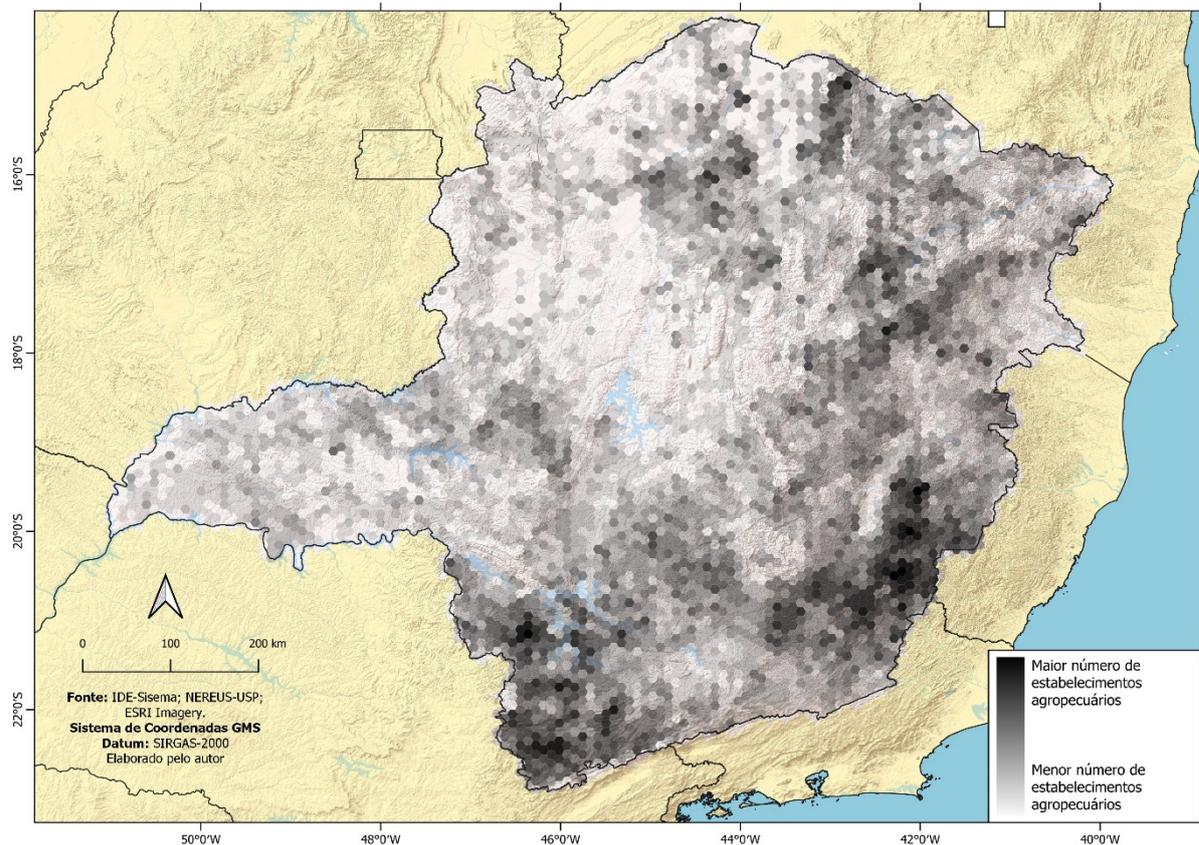


Figura 22 - Variáveis Ambientais aplicadas à grade hexagonal em Minas Gerais.

Observa-se que a variável Número de Estabelecimentos Agropecuários apresenta um maior número de imóveis nos hexágonos mais ao Sul de Minas e Zona da Mata (Figura 23). Isso provavelmente se traduz em uma maior quantidade de pequenas propriedades nestes hexágonos, configurando-se como agricultura familiar que é fortemente influenciada também pelos relevos mais acidentados, que por sua vez, limitam a expansão de grandes propriedades.

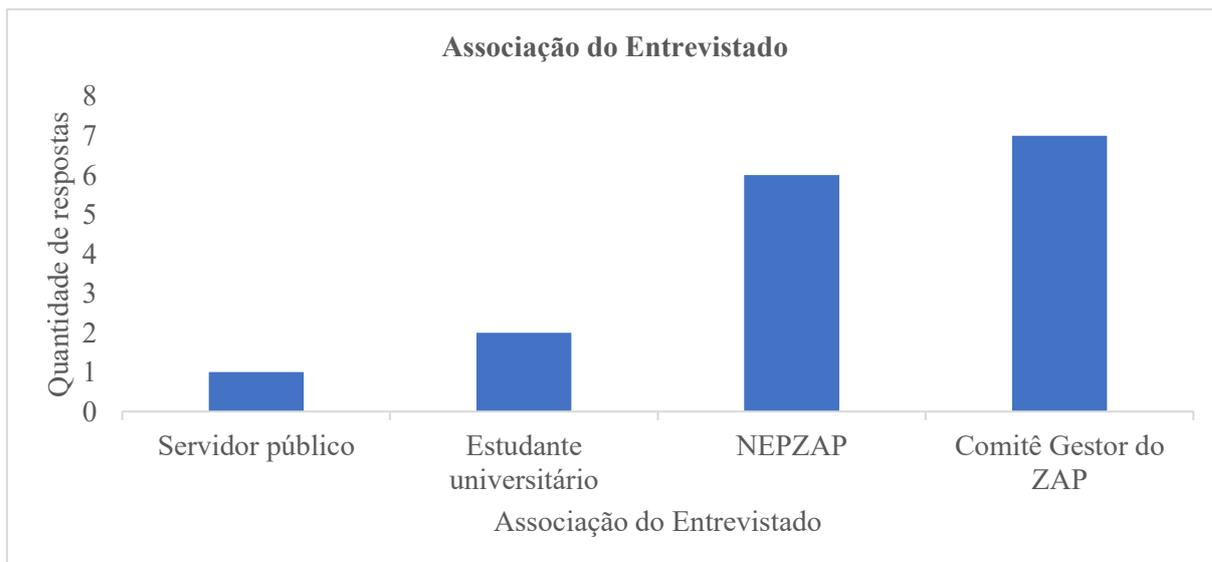


**Figura 23** - Variável Número de Estabelecimentos Agropecuários, única incluída na categoria Temáticas Diversas, aplicada à grade hexagonal em Minas Gerais.

### 4.3 Aplicação dos pesos à cada variável

Quanto aos resultados do formulário de pesquisa aplicado teve-se a resposta de 16 especialistas que além de priorizarem as variáveis, responderam a duas questões que permitiram a identificação dos entrevistados, sendo estas: i) Qual é a sua associação?; e ii) Relacionada ao conhecimento (autodeclarado) do entrevistado na metodologia ZAP.

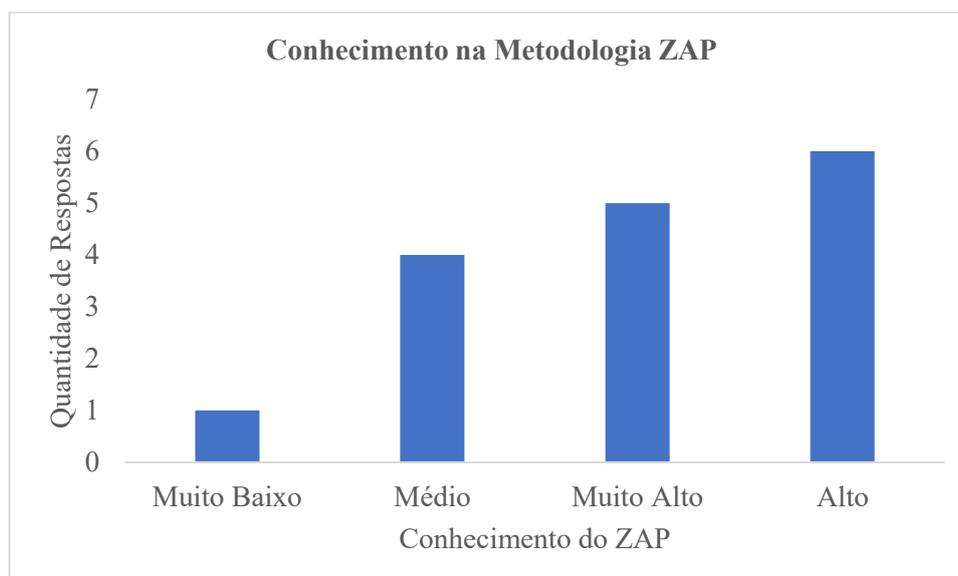
Na questão i, das dezesseis participações, a maioria (43,8%) são de representantes do CGZAP, seguido do NEPZAP, com 37,5%, 12,5% de estudantes universitários e 6,3% de servidor público sem as associações anteriores (Gráfico 1).



**Gráfico 1** - Associação do Entrevistado (Respostas à pesquisa para peso de variáveis).

Para a questão ii foi solicitado que o entrevistado escolhesse em uma escala de 1 a 5, no que se refere ao conhecimento da metodologia ZAP. Sendo que 5 corresponde a um conhecimento muito alto e 1 muito baixo.

Das dezesseis participações, 37,5% responderam ter Alto conhecimento sobre a metodologia ZAP, seguido de Muito Alto, com 31,3%, Médio com 25% e Muito baixo com 6,3% (Gráfico 2). Mais detalhes podem ser consultados no APÊNDICE C.



**Gráfico 2** - Conhecimento dos Entrevistados na Metodologia ZAP (Respostas à pesquisa para peso de variáveis).

Com isso, observa-se que a maioria dos participantes que responderam ao formulário tem conhecimento considerável e são atores diretos da metodologia ZAP, trazendo importância na definição de pesos para o objetivo desta pesquisa.

Os resultados dos pesos finais das variáveis podem ser observados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Consolidação das respostas do formulário (APÊNDICES B e C) aplicado.

Resposta	Variável*											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
16	11	12	9	10	3	2	8	6	5	1	4	7
15	11	12	9	10	3	2	5	8	7	6	1	4
14	8	11	7	10	6	5	4	12	2	9	3	1
13	12	8	6	5	11	10	7	3	2	4	1	9
12	6	12	10	11	8	7	4	2	3	5	1	9
11	10	12	11	3	2	1	7	9	4	8	6	5
10	2	10	7	12	11	8	5	9	4	6	1	3
9	5	4	7	12	3	2	9	10	6	8	1	11
8	11	12	2	10	9	7	3	4	5	8	1	6
7	7	12	3	9	8	6	11	10	5	2	1	4
6	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
5	4	12	6	11	5	3	10	9	1	7	8	2
4	11	12	6	9	2	1	4	7	8	3	5	10
3	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2	7	8	12	11	3	4	5	10	6	9	1	2
1	12	10	9	8	7	6	5	11	4	3	2	1
<b>Total:</b>	141	169	124	149	97	78	99	120	70	85	40	76
<b>Média:</b>	8,81	10,56	7,75	9,31	6,06	4,88	6,19	7,50	4,38	5,31	2,50	4,75
<b>MIN:</b>	2,50											
<b>MAX:</b>	10,56											
<b>Normalização:</b>	0,78	1,00	0,65	0,84	0,44	0,29	0,46	0,62	0,23	0,35	0,00	0,28
<b>Normalização + 1:</b>	<b>1,78</b>	<b>2,00</b>	<b>1,65</b>	<b>1,84</b>	<b>1,44</b>	<b>1,29</b>	<b>1,46</b>	<b>1,62</b>	<b>1,23</b>	<b>1,35</b>	<b>1,00</b>	<b>1,28</b>

\***Legenda:** **A:** Usuários de Água Superficial; **B:** Área de Conflito Hídrico Superficial; **C:** Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto); **D:** Uso e Ocupação - Agropecuária; **E:** Licenças ambientais emitidas (Atividades Agro-silvipastoris); **F:** Fiscalizações Ambientais (Atividades Agro-silvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora); **G:** Qualidade das Pastagens; **H:** Desmatamento (2008-2021); **I:** Área de Recomposição de APP declarada no CAR; **J:** Unidades de Conservação; **K:** Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho; **L:** Número de Estabelecimentos Agropecuário

Em ordem de prioridade, as variáveis escolhidas pelos participantes foram:

1. Área de Conflito Hídrico Superficial;
2. Uso e Ocupação – Agropecuária;
3. Usuários de Água Superficial;
4. Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto);
5. Desmatamento (2008-2021);
6. Qualidade das Pastagens;

7. Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris);
8. Unidades de Conservação;
9. Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora);
10. Número de Estabelecimentos Agropecuários;
11. Área de Recomposição de APP declarada no CAR; e
12. Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho.

Analisando os resultados, os hexágonos que possuem maior valor na variável *Área de Conflito Hídrico Superficial*, tiveram um peso maior na soma final das variáveis, enquanto o oposto acontece com a variável *Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho*, a qual continuará com o mesmo valor sem aplicação de peso (uma vez que seu valor é multiplicado por 1).

A Tabela 5 mostra, como exemplo, o hexágono com menor e maior priorização, respectivamente, seguindo todos os procedimentos mencionados.

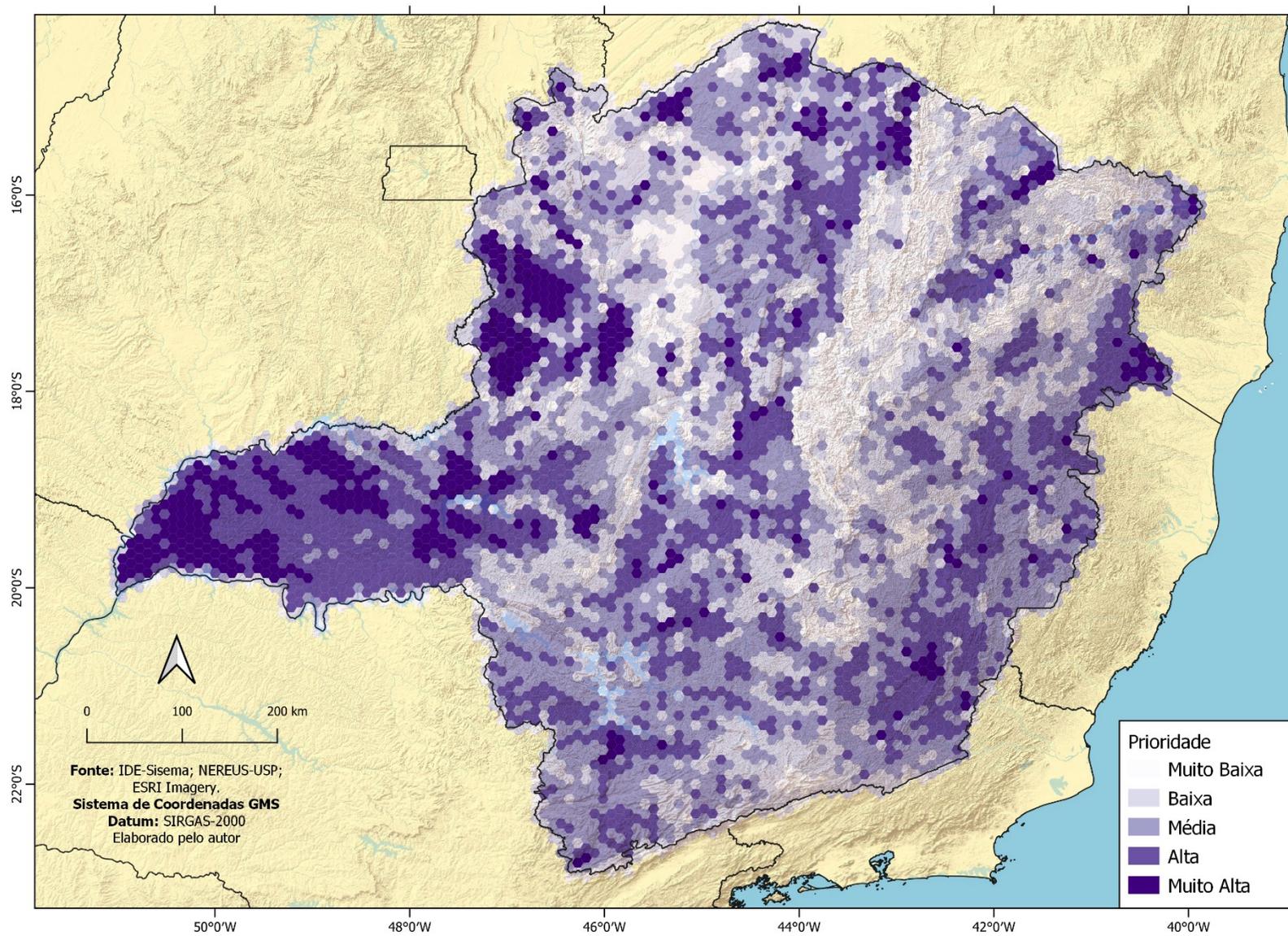
**Tabela 5** - Hexágonos com valor mínimo e máximo de priorização após todos os procedimentos.

Hex	V.A	V.B	V.C	V.D	V.E	V.F	V.G	V.H	V.I	V.J	V.K	V.L	Result.	Resultado Norm.
782	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	<b>0,000</b>
645	0,15	0,91	0,96	0,88	1,00	0,16	0,11	0,02	0,02	0,00	0,00	0,03	7,16	<b>1,000</b>

#### 4.4 Análise dos resultados

O resultado para a definição de áreas prioritárias para aplicação do ZAP em Minas Gerais, na perspectiva da agropecuária sustentável, foi gerado após todos os procedimentos mencionados nos capítulos anteriores, sendo traduzido em formato de mapa através da Figura 24. Os hexágonos com a tonalidade de cor mais escura têm maior prioridade, enquanto as mais claras possuem menor prioridade nesta perspectiva.

De todos os 6.083 hexágonos, 11,5% são de muito baixa prioridade; 25,6% de baixa prioridade; 30,5% de média prioridade; 24,8% de alta prioridade; e 7,6% de muito alta prioridade.



**Figura 24** - Resultado das áreas prioritárias para aplicação do ZAP em Minas Gerais na perspectiva do desenvolvimento agropecuário sustentável.

O resultado enfatiza principalmente as regiões do Triângulo Mineiro e partes específicas do Noroeste de Minas como áreas de alta e muito alta prioridade. No entanto, também há uma distribuição de áreas com prioridade média e alta em todo o estado, enquanto aquelas de baixa e muito baixa prioridade estão concentradas em regiões com predominância de cobertura natural, como vegetação e afloramentos rochosos, e em áreas fortemente urbanizadas.

Essas categorias de uso da terra estão além do escopo da pesquisa atual, mas é importante destacar que se também aplica o ZAP para diagnosticar bacias hidrográficas que não possuam predominantemente atividades agropecuárias. Se o método for reaplicado para diagnosticar áreas conservadas, por exemplo, os pesos das variáveis devem ser revisados e adaptados para tal objetivo.

Importante notar que a região Norte de Minas e o Vale do Jequitinhonha apresentaram alguns hexágonos com alta a muito alta priorização. Estas regiões enfrentam um desafio crítico em relação ao uso da água, exacerbado pela escassez hídrica natural dessas áreas. Com uma demanda cada vez mais crescente por recursos hídricos, impulsionada principalmente pela agricultura e pecuária, surge um conflito inerente à disputa pela água disponível.

Essa disputa torna-se ainda mais intensa em face das zonas de escassez hídrica, onde a oferta de água já é limitada. Os projetos de transposição de bacias, como o Jaíba, que hoje é um grande polo de produção agrícola, principalmente frutífera, Gortuba, Lagoa Grande e Pirapora comprovam tal afirmativa (SILVA e FONSECA, 2020; SOARES DA SILVA e KUBO, 2018; COSTA e FONSECA, 2018). A gestão eficiente dos recursos hídricos nessas regiões torna-se, portanto, uma necessidade urgente, e o ZAP pode ser utilizado como camada base para tomada de decisões.

Interessante notar que as informações geradas no resultado para as áreas de prioridade muito baixas e baixas podem ser utilizadas pelos planejadores públicos como indicadores para escolhas opostas ao objetivo desta pesquisa, por exemplo, estas áreas podem se tornar prioritárias para outras ações, inclusive utilizando ZAP como ferramenta para isso, como: Áreas prioritárias para serviços ecossistêmicos, para o turismo rural, recarga de aquíferos, bem-estar cultural, entre outros.

#### 4.4.1 Por mesorregião

Em uma primeira aproximação, dividindo as informações para as mesorregiões e ponderando pelo tamanho de cada (Tabela 6<sup>22</sup>), resultou-se como as três mais prioritárias as mesorregiões Norte de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Noroeste de Minas. São regiões com altos valores das variáveis de maiores pesos, como uso agropecuário, PUC, desmatamento e o grupo de variáveis dos Recursos Hídricos.

Diversos estudos discutem sobre a soberania no setor agrícola e pecuário das regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Noroeste de Minas e Norte de Minas (este último principalmente na pecuária) (FERREIRA & VINHA, 2020; SANTOS, 2019; PEROBELLI *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2010), sendo respaldados por dados de censos agropecuários produzidos pelo IBGE.

A demanda hídrica também teve um papel significativo nesse resultado, evidenciado pelas variáveis de usuários da água superficial e áreas de conflito hídrico. Nessas três mesorregiões, houve um destaque particular nessas variáveis, as quais possuem maior peso.

**Tabela 6** - Resultado da prioridade para aplicação do ZAP por mesorregiões de Minas Gerais.

Mesorregião	Área (km <sup>2</sup> )	Média da Prioridade	Área Ponderada	Prioridade Ponderada
Norte de Minas	128.454,11	0,3731	0,2186	0,0816
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	90.545,53	0,5144	0,1541	0,0793
Noroeste de Minas	62.381,06	0,4360	0,1062	0,0463
Sul/Sudoeste de Minas	49.523,89	0,4147	0,0843	0,0350
Vale do Rio Doce	41.809,87	0,4342	0,0712	0,0309
Zona da Mata	35.747,73	0,4477	0,0608	0,0272
Jequitinhonha	50.143,25	0,3160	0,0853	0,0270
Metropolitana de Belo Horizonte	39.486,68	0,3545	0,0672	0,0238
Central Mineira	32.751,90	0,4189	0,0557	0,0234
Oeste de Minas	24.043,47	0,4308	0,0409	0,0176
Vale do Mucuri	20.080,66	0,4377	0,0342	0,0150
Campo das Vertentes	12.563,67	0,4088	0,0214	0,0087

#### 4.4.2 Por município

Em um segundo momento, distribuindo a média dos resultados pelos limites municipais, os três municípios mais prioritários (Tabela 7<sup>23</sup>) correspondem a Paracatu, João Pinheiro e Unaí, todos localizados no Noroeste de Minas e na CH SF7 (Rio Paracatu), municípios com excelentes

<sup>22</sup> Nesta tabela, a média da prioridade foi ponderada pela área da mesorregião, gerando resultados comparáveis entre elas.

<sup>23</sup> Nesta tabela, a média da prioridade foi ponderada pela área do município, gerando resultados comparáveis entre eles.

condições naturais que propiciam e são evidenciados pelos altos valores no PIB do agronegócio (FJP, 2023).

Outros municípios apareceram nos dez mais prioritários, como Prata, Januária, Uberlândia, Uberaba, Campina Verde, Buritizeiro e Buritis. Todos nas mesorregiões prioritárias e novamente são municípios historicamente especializados no setor agropecuário, tanto como primeira ou segunda atividade mais importante.

**Tabela 7** - Prioridade de aplicação do ZAP por Município (os 10 com prioridade mais alta).

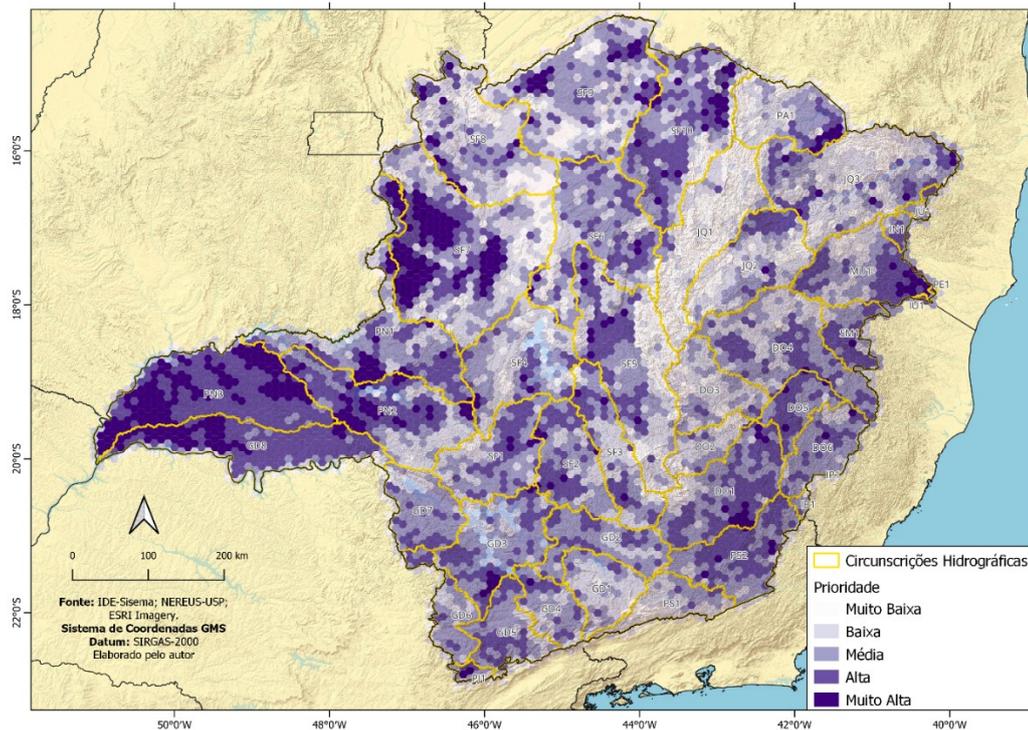
\*CH com maior área no município.

Município	Área (km²)	Mesorregião	CH*	Média da Prioridade	Área Ponderada	Média Ponderada
Paracatu	8229,11	Noroeste de Minas	SF7	0,5901	0,0140241	0,0082755
João Pinheiro	10711,57	Noroeste de Minas	SF7	0,4499	0,0182547	0,0082127
Unai	8438,43	Noroeste de Minas	SF7	0,4859	0,0143808	0,0069874
Prata	4851,43	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	PN3	0,5518	0,0082678	0,0045620
Januária	6670,41	Norte de Minas	SF9	0,3984	0,0113678	0,0045294
Uberlândia	4117,31	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	PN2	0,6023	0,0070167	0,0042260
Uberaba	4540,51	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	GD8	0,5388	0,0077380	0,0041695
Campina Verde	3652,37	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	PN3	0,6068	0,0062244	0,0037768
Buritizeiro	7236,21	Norte de Minas	SF6	0,3018	0,0123320	0,0037223
Buritis	5219,91	Noroeste de Minas	SF8	0,3559	0,0088958	0,0031662

#### 4.4.3 Por circunscrição hidrográfica

Quando se confronta o resultado com as Circunscrições Hidrográficas (Figura 25 e Tabela 8), as bacias hidrográficas do Rio Paracatu (SF7) obtiveram a classificação de maior prioridade entre as demais, seguida pelas bacias do Baixo Rio Paranaíba (PN3) e Rio Pandeiros (SF9), quando ponderadas pela área total. Destas, as duas primeiras possuem forte vocação para produção agropecuária além de registrarem grandes extensões de área de conflito hídrico e múltiplos usuários de água superficial. Em comum, as três contam com hexágonos com forte resposta ao PUC Alto e Muito Alto.

A CH SF9 diferencia das duas primeiras pela presença de Unidades de Conservação, contando com dezesseis delas espalhadas por toda sua extensão, porém, em contradição, foram registrados focos de desmatamento que aumentaram o valor da prioridade nos hexágonos contidos na SF9, especificamente nas UCs da APA Estadual do Rio Pandeiros e na APA Estadual Cocha e Gibão.



**Figura 25** - Comparação do Resultado com as Circunscções Hidrográficas.

É interessante observar que a maioria das regiões hidrográficas consideradas prioritárias possui CBHs estabelecidos, acompanhados de seus respectivos planos diretores, além de já terem iniciado a cobrança pelo uso da água. No entanto, essas regiões enfrentam desafios decorrentes da ausência de estudo de enquadramento dos cursos d'água e da inexistência de uma entidade vigente incumbida de fornecer apoio administrativo, técnico e financeiro aos CBHs locais.

**Tabela 8** - Prioridade de aplicação do ZAP por Circunscção Hidrográfica.

Posição	CH	Nome	Área (km <sup>2</sup> )	CBH	Plano Diretor	Enquadramento	Cobrança por Uso da Água	Entidade Vigente
1	SF7	Rio Paracatu	41.475,22	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
2	PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,79	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir
3	SF9	Rio Pandeiros	32.094,91	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
4	SF10	Rio Verde Grande	26.407,70	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
5	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,54	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir
6	PN2	Rio Araguari	21.491,44	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2010	ABHA
7	SF5	Rio das Velhas	27.871,35	Sim	Revisado	Elaborado	Iniciada em 2010	Peixe Vivo
8	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
9	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	24.820,23	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
10	GD8	Baixo rio Grande	18.673,90	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
11	DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,56	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP
12	SF8	Rio Urucuia	25.039,57	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
13	DO1	Rio Piranga	17.926,60	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP

14	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir
15	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,89	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação
16	MU1	Rio Mucuri	14.582,55	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação
17	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,51	Sim	Revisado	A ser elaborado	Iniciada em 2014	AGEVAP
18	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,18	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação
19	JQ2	Rio Araçuaí	16.289,09	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
20	SF2	Rio Pará	12.223,94	Sim	Elaborado	Em revisão	Iniciada em 2017	Peixe Vivo
21	SF3	Rio Paraopeba	12.054,70	Sim	Elaborado	Em revisão	Iniciada em 2022	A definir
22	GD2	Rio das Mortes	10.557,04	Sim	Elaborado	Elaborado	Iniciada em 2022	A definir
23	PA1	Rio Pardo	12.746,87	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
24	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,93	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação
25	GD7	Médio rio Grande	9.757,32	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
26	DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP
27	GD5	Rio Sapucaí	8.823,00	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
28	DO3	Rio Santo Antônio	10.980,54	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP
29	GD1	Alto rio Grande	8.757,99	Sim	Elaborado	Elaborado	Sem Informação	Sem Informação
30	DO5	Rio Caratinga	6.333,84	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP
31	GD4	Rio Verde	6.881,58	Sim	Elaborado	Elaborado	Sem Informação	Sem Informação
32	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,17	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
33	SM1	Rio São Mateus	5.612,31	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação
34	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,57	Sim	Revisado	Elaborado	Iniciada em 2014	AGEVAP
35	DO2	Rio Piracicaba	5.462,49	Sim	Em revisão	Em revisão	Iniciada em 2012	AGEVAP
36	IN1	Rio Itanhém	1.517,69	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
37	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,71	Sim	Revisado	A ser elaborado	Iniciada em 2010	AGEVAP
38	IB1	Rio Itabapoana	661,78	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	AGEVAP
39	JU1	Rio Jucuruçu	710,39	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
40	BU1	Rio Buranhém	329,26	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
41	IU1	Rio Itaúnas	128,41	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
42	PE1	Rio Peruípe	83,31	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação
43	IP1	Rio Itapemirim	32,63	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação

**Fonte:** IDE-Sisema (Situação em 15 mar. 2022). Mais informações, consultar Apêndice D.

#### 4.4.4 Por ZAPs elaborados

Há dificuldades na validação dos resultados pela natureza da pesquisa, mesmo quando as variáveis utilizadas aqui já foram validadas em seus próprios estudos. No entanto, pode-se analisar os ZAPs aprovados até então pelo CGZAP e confrontá-los com os resultados como uma forma de corroboração.

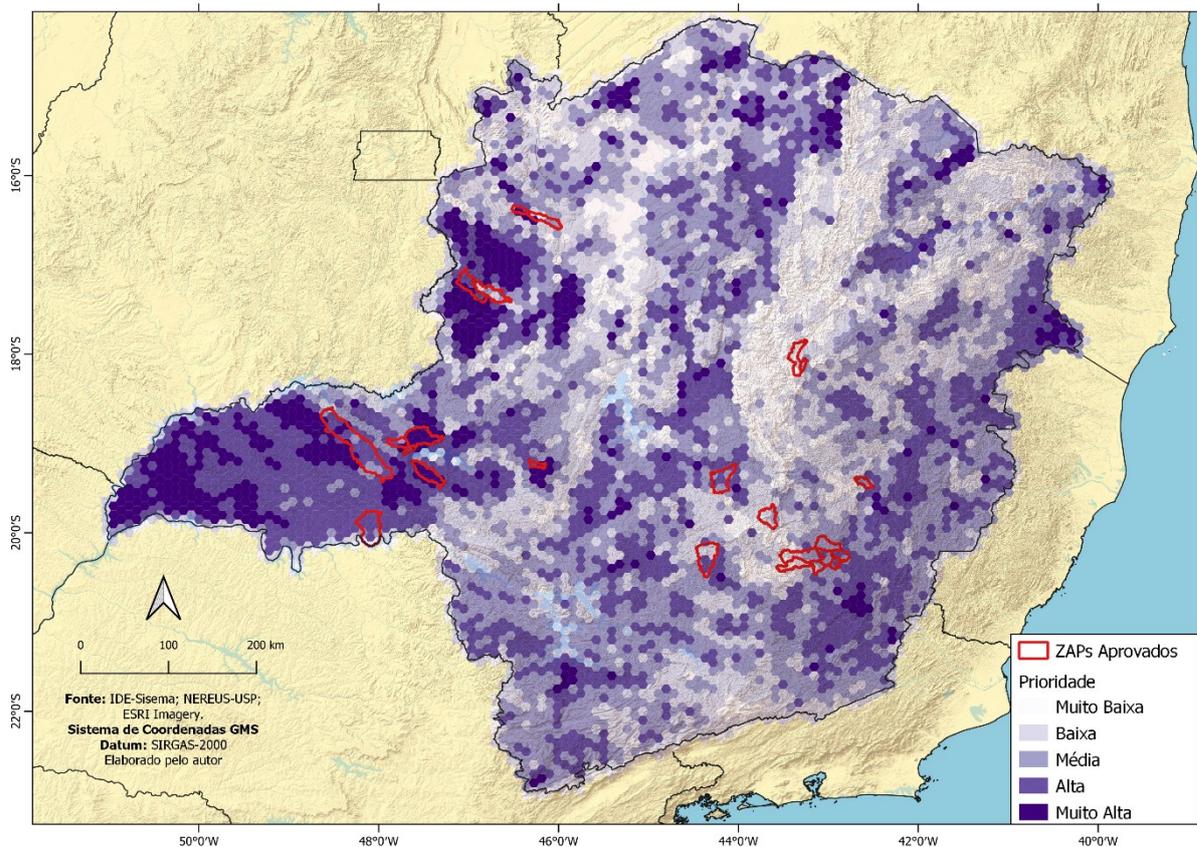
É importante levantar que nem todos os ZAPs aprovados foram executados para o devido fim desta pesquisa, no qual o resultado pretende responder quais áreas necessitam de uma ferramenta diagnóstica como o ZAP para facilitar no alcance da agropecuária sustentável.

Com isso, foi elaborado um mapa com os vinte e dois ZAPs aprovados pelo CGZAP em contraste às áreas prioritárias para aplicação da ferramenta obtido dos resultados desta pesquisa (Figura 26). De todos eles, observou-se que nove possuem forte relação ao uso da água em atividades agropecuárias, oito por conta do rompimento da barragem do Fundão – Mariana/MG, um relacionado à UC e os outros por estudos universitários (múltiplas relações) (SEAPA, 2023).

Os nove ZAPs relacionados ao uso da água em atividades agropecuárias se concentram todos na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do Noroeste de Minas, as quais, pelo resultado da pesquisa, se encontram respectivamente na segunda e terceira posição das mais prioritárias para aplicação da ferramenta. Destes, os ZAP do Ribeirão Santa Juliana e ZAP do Alto Rio Bagagem estão totalmente inseridos em hexágonos de prioridade Muito Alta, enquanto os outros contam com hexágonos de prioridades acima da média.

Tal informação corrobora com a resposta esperada para aplicação do ZAP em sub-bacias caracterizadas e relacionadas com o objetivo de resposta dessa pesquisa. Não obstante, vale ressaltar novamente que a ferramenta não é aplicada apenas para tal objetivo, podendo ser utilizada também em áreas verdes, no qual se esta pesquisa fosse baseada, o resultado seria diferente.

Observa-se isso para o ZAP Serra da Piedade (elaborado para diagnóstico que serviu de base para o Plano de Manejo do MONAESP) que tem apenas dois hexágonos de prioridade média, cinco de baixa prioridade e um de muito baixa prioridade, justamente pelas variáveis e seus pesos utilizados nesta pesquisa não apresentarem fortes valores nas sub-bacias deste ZAP.



**Figura 26** - Comparação do resultado com os ZAPs atualmente aprovados.

#### 4.4.5 Por bacias hidrográficas

Na análise por bacias hidrográficas foram utilizadas duas bases da ANA<sup>24</sup>: ottocodificação a nível 5 e 6, onde a de nível 6 é mais detalhada. Essa análise pode ser aplicada a qualquer nível de ottocodificação, incluindo as bases ottocodificadas trecho-a-trecho disponíveis por grandes rios na IDE-Sisema. Por conta da escala de análise ser o Estado de Minas Gerais, optou-se por permanecer nos níveis 5 e 6 de ottocodificação.

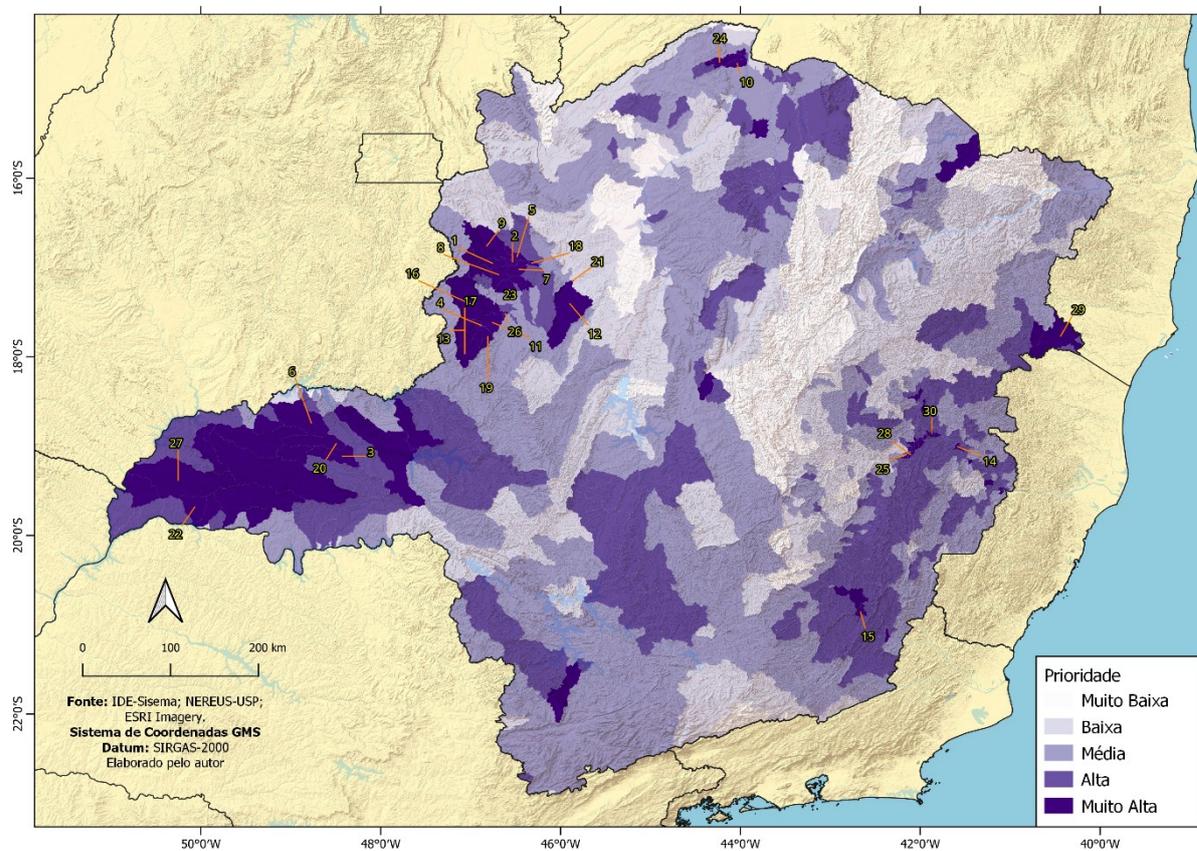
O nível 5 de ottocodificação (Figura 27) enfatizou bacias de maiores extensões com suas trinta mais prioritárias (em um conjunto de 1.279 bacias) nas bacias do São Francisco, Paranaíba, Doce, Grande e Mucuri (Tabela 9). O Córrego da Conceição, uma sub-bacia do Ribeirão Entre Ribeiros foi o que recebeu maior prioridade com valor de 0,8274, seguido por outra sub-bacia do Entre Ribeiros, a do Ribeirão São Pedro com o valor de 0,8178 e em terceiro lugar a sub-bacia do Ribeirão Douradinho com 0,8015. Destas, apenas a última extrapola o tamanho de

<sup>24</sup> Mais informações: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>

sub-bacias estipulado na 4ª edição da metodologia ZAP, sendo necessária sua divisão em alto, médio e baixo trecho, caso seja elaborado um Estudo de ZAP.

O mesmo acontece para as bacias do Ribeirão Entre Ribeiros que aparece dentre as 30 prioritárias. Esta bacia já foi objeto de aplicação do ZAP no ano de 2022, contudo o estudo realizado não foi ainda aprovado pelo CGZAP<sup>25</sup>.

Analisando o nível 5 de ottocodificação, observa-se que das trinta bacias de maior prioridade, apenas um estudo já foi elaborado e aprovado pelo CGZAP, a da sub-bacia do Ribeirão Santa Isabel, afluente do Ribeirão Escurinho (16) (Figura 27).



**Figura 27** - Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 5.

**Tabela 9** - Valores de Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 5.

Posição	Bacia	Prioridade	Área (km <sup>2</sup> )	CH
1	Córrego da Conceição (Entre Ribeiros)	0,8274	238,43	SF7
2	Ribeirão São Pedro (Entre Ribeiros)	0,8178	95,11	SF7
3	Ribeirão Douradinho	0,8015	919,84	PN3
4	Rio Claro (Rio Escuro)	0,7756	7,95	SF7
5	Ribeirão Entre Ribeiros	0,7657	213,02	SF7

<sup>25</sup> Mais informações:

<https://www.mg.gov.br/sites/default/files/agricultura/images/documentos/Relatorio%20CGZAP%202022.pdf>

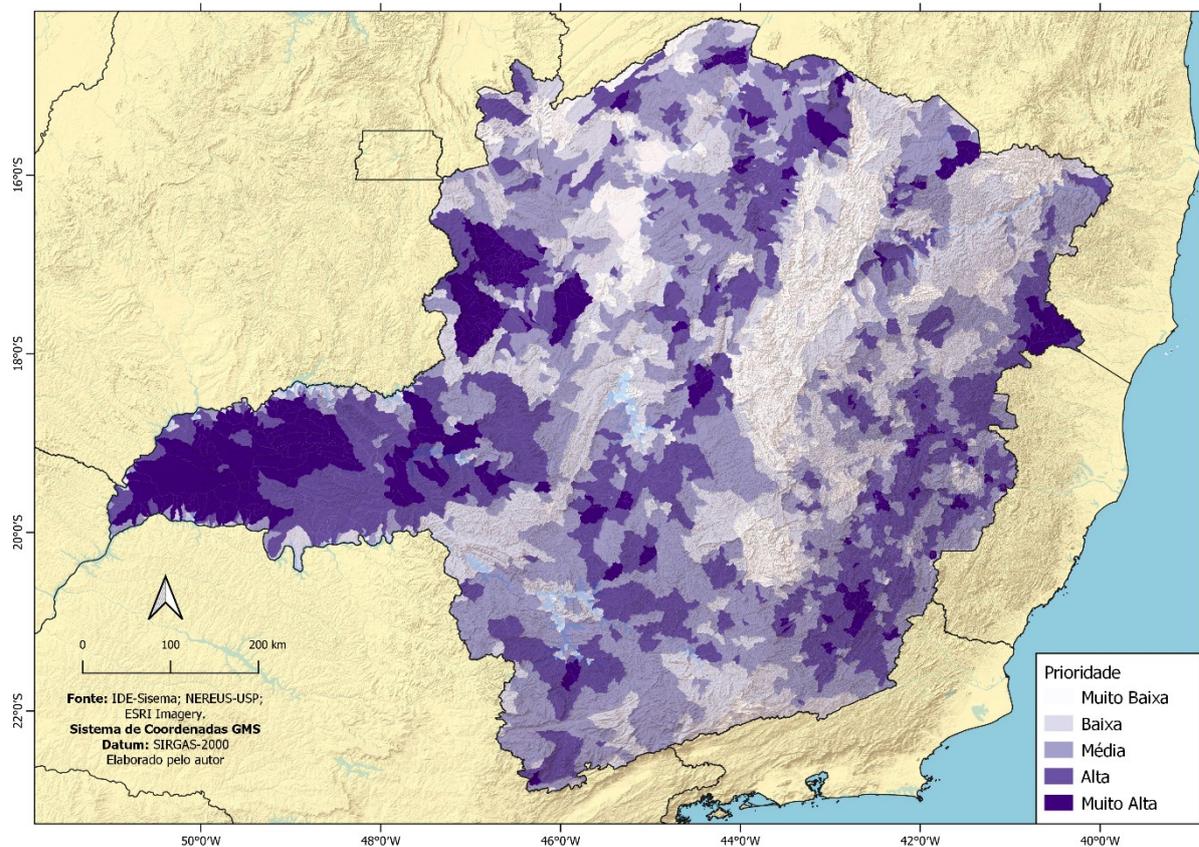
6	Rio Piedade	0,7622	1.754,04	PN3
7	Vereda Grande (Entre Ribeiros)	0,7499	334,43	SF7
8	Ribeirão São Pedro (Entre Ribeiros)	0,7056	414,53	SF7
9	Ribeirão Entre Ribeiros	0,7006	1.626,95	SF7
10	Afluente do Rio Japoré	0,6730	199,41	SF9
11	Rio Escuro	0,6696	486,37	SF7
12	Rio da Caatinga	0,6687	2.176,04	SF7
13	Ribeirão Arrenegado (Rio Escuro)	0,6613	794,43	SF7
14	Córrego Bananal e Afluentes próximos do Rio Doce	0,6539	48,04	DO5
15	Ribeirão Turvão	0,6530	127,62	DO1
16	Ribeirão Escurinho (Rio Escuro)	0,6512	2.001,53	SF7
17	Rio Claro (Rio Escuro)	0,6503	772,19	SF7
18	Ribeirão Entre Ribeiros	0,6432	59,30	SF7
19	Afluente do Rio Claro (Rio Escuro)	0,6296	246,96	SF7
20	Rio da Babilônia	0,6267	938,91	PN3
21	Pequeno Trecho após foz do Rio da Caatinga	0,6193	3,27	SF7
22	Ribeirão do Bonito	0,6189	727,82	GD8
23	Vereda do Engenho Velho	0,6186	279,26	SF7
24	Rio Japoré	0,6160	371,83	SF9
25	Pequeno Trecho do Rio Doce antes da foz do Córrego Preto	0,6151	1,31	DO5
26	Rio Escuro	0,6145	34,55	SF7
27	Rio Arantes e Córrego da Laje	0,6139	3.701,32	PN3
28	Córrego Preto	0,6127	37,79	DO5
29	Afluentes do Rio Mucuri Limítrofes à Bahia	0,6122	1.490,93	MU1
30	Córrego Santa Catarina e Afluentes próximos do Rio Doce	0,6094	27,17	DO4

As variáveis de maior peso impactaram na prioridade e na seleção destas bacias, já que há forte desenvolvimento agropecuário na maioria das bacias do top 30, que, por sua vez, demandam maior uso de água e onde podem ocorrer desmatamentos para plantações e pastagens extensas.

Passando do nível 5 para o 6 de ottocodificação, o número de bacias hidrográficas vai de 1.279 para 9.577 (Figura 28), diminuindo a valor de área de contribuição hídrica delas. Nesta análise, as bacias do top 30 para o nível 6 otto foram sobrepostas às de nível 5 e apenas três não se enquadraram nas top 30 do nível 5, são elas:

- Rio Bagagem na posição 19, fazendo parte da PN1 com 301,33 km<sup>2</sup>;
- Ribeirão Marrecos na posição 25, fazendo parte da PN1 com 132,63 km<sup>2</sup>;
- Ribeirão Santa Juliana na posição 26, fazendo parte da PN2 com 503,78 km<sup>2</sup>.

Todas estas três sub-bacias possuem estudos de ZAP elaborados e aprovados, sendo o Ribeirão Santa Juliana ZAP modelo de todas as edições da metodologia.



**Figura 28** - Prioridade para aplicação do ZAP em bacias ottocodificadas nível 6.

#### 4.5 Sugestões de aplicação em política pública

Esta pesquisa propôs análises em quatro limites: i) mesorregional; ii) municipal; iii) por circunscrição hidrográfica; e iv) por bacias hidrográficas, no entanto, é possível aplicar os resultados em qualquer tipo de delimitação, uma vez que foi utilizado justamente hexágonos de 10 mil hectares pela flexibilidade e facilidade na transição de escala.

Pensando na Política Nacional de Recursos Hídricos e sua definição de bacia hidrográfica como unidade territorial de estudos, principalmente daqueles que se preocupam com a questão hídrica, faz mais sentido que seja utilizada a delimitação de bacias hidrográficas para definir áreas prioritárias para aplicação da metodologia ZAP.

As outras delimitações auxiliam na compreensão geral em diferenciadas escalas e ajudam a direcionar recursos, por exemplo, para CBHs e/ou municípios prioritários na execução do ZAP e de suas ações.

Atualmente o ZAP não possui nenhum plano de aplicação dentro do governo de Minas, sendo elaborado totalmente por demanda, no qual os demandantes conhecem a metodologia a partir da sua divulgação, feita em sua maioria pela Secretaria de Agricultura. Os NEPZAPs instituídos fazem parte da estratégia da SEAPA de popularizar o ZAP e oferecer mão de obra especializada para aplicação do instrumento. A precificação ainda pode ser um empecilho, contudo com a popularização da metodologia, os preços cobrados tendem a se tornar mais competitivos, assim abrindo oportunidades para prefeituras, associações e cooperativas agrícolas e até mesmo o Estado arcar com os custos.

Com estes avanços, uma dinâmica de aplicação do ZAP seria benéfica para a elaboração de políticas públicas, principalmente as voltadas ao meio ambiente e ao setor agropecuário. O desenvolvimento das geotecnologias tem avançado exponencialmente e a cada dia novas informações geoespacializadas são disponibilizadas publicamente e gratuitamente, contudo, a sua maioria são para escalas pequenas, sem detalhes a nível de bacias hidrográficas, como é a proposta do ZAP.

Não apenas isso justifica a contínua aplicação do instrumento, mas também a forma que os dados levantados são repassados ao público facilitando e incluindo a participação dos atores e agentes das bacias durante o processo de elaboração. Por vez, assim gerando uma ferramenta robusta e participativa pronta para ser utilizada pelos gestores públicos e pelos agentes das bacias contempladas.

A presente pesquisa indicou prioritariamente as bacias hidrográficas que mais necessitam de um estudo como o do ZAP. Tais bacias podem já possuir outros estudos, inclusive delimitados pelas próprias bacias, mas vale lembrar que o ZAP dialoga diretamente com o poder público e é analisado e publicado pelo governo independente de quem o tenha enviado para análise e aprovação. O ZAP se torna então um importante estudo que possui aval do governo, facilitando inúmeros processos, como por ex., obtenção de outorgas, licenciamentos, projetos de represamento de água, aquisição de recursos para aplicação de ações, entre outros.

No entanto, para que isso funcione, é necessário que haja maior engajamento do próprio governo, principalmente dentro do Sistema Ambiental para que haja o uso do ZAP.

Um estudo interno feito pela FEAM<sup>26</sup> entre setembro e outubro de 2021 abarcou 76 participações do corpo técnico e diretivo do Sisema, incluindo estagiários, técnicos, gestores,

---

<sup>26</sup> Veja a apresentação na íntegra:

<https://drive.google.com/file/d/1fJKlGXkaq8vwnlUMeL1JV7HhA30RAa1/view?usp=sharing>

dirigentes e conselheiros do COPAM/CERH com o objetivo de obter informações para identificação do atual nível de conhecimento e de aplicação do ZAP nas instituições integrantes do SISEMA.

Das respostas recebidas, 46,1% foram de servidores da SEMAD, 19,7% da FEAM, 6,6% do IGAM, 22,4% do IEF, 5,3% de outras instituições e zero respostas do COPAM/CERH. Ele revelou que  $\approx 50\%$  dos servidores do Sisema responderam não ter conhecimento efetivo do instrumento e apenas 11% responderam ter conhecimento sobre o instrumento, incluindo objetivos e aplicabilidade, utilizando-o nas atividades do serviço público.

Em contrapartida, 84% dos servidores responderam que veem potencial de aplicação do ZAP em suas atividades, enquanto 16% responderam contrário. Daqueles que veem o potencial, 80% nunca utilizou os resultados em suas atividades e apenas 3% utilizam atualmente com alguma frequência. Em relação ao acesso aos resultados (relatórios e bases SIG do ZAP), 70% disseram não saber acessá-los.

Com esses resultados, percebe-se que há uma certa desorganização interna do órgão ambiental na divulgação das informações e do próprio instrumento ZAP. Releva-se que já está disponível, dentro da IDE-Sisema, as informações dos estudos de ZAP aprovados, faltando apenas o incentivo na utilização destes. Contudo, essa pesquisa geraria uma outra discussão relacionada ao uso (ou a falta do uso) dos instrumentos dentro do Estado, que impacta diretamente a aplicação e a utilização do ZAP.

Assim, sugere-se que haja um planejamento, em um primeiro momento, de divulgação e de incentivo de uso do ZAP, conforme preconizado em seu decreto, que seja para os processos de licenciamento, outorgas, para a “formulação de planos, programas e projetos ações que busquem o aprimoramento do planejamento e da gestão ambiental por território no Estado” (MINAS GERAIS, 2014).

Tal planejamento deve passar pela sugestão ou obrigatoriedade do uso dos Estudos do ZAP, quando disponíveis, em certas políticas públicas. Isso faria com que os servidores pesquisem informações sobre estudos de ZAP e as utilizem durante sua atividade, dando ênfase na ferramenta e a fazendo ser reconhecida dentro do serviço público.

Interessante neste planejamento incluir treinamentos periódicos de utilização do ZAP com exemplos e modelos de aplicação nas atividades do serviço público, algo que não existe

atualmente e que beneficiaria o servidor, tão quanto toda sociedade, na medida que um estudo de ZAP possa auxiliar em processos ambientais.

Em um segundo momento, as aplicações de estudos de ZAP pelo Estado devem ser planejadas e espera-se que esta pesquisa tenha dado resultados que corroborem para esta ação. Importante ter as localizações ideais para que seja elaborado ZAP onde é realmente necessário (e para a finalidade que se quer de um instrumento como esse), já que o Estado possui grandes extensões e seria um processo extremamente custoso, com demanda de mão de obra e de tempo.

Dessa forma, o diálogo com a sociedade, com os agentes e atores das bacias prioritárias é essencial para que haja engajamento na elaboração dos ZAPs. Financiamento dos estudos também devem estar nas pautas das secretarias, e em conjunto com os NEPZAPs já inaugurados e com os em treinamento, a mão de obra seria garantida e com preços mais acessíveis, uma vez que os NEPZAPs estão em instituições de educação onde há professores especialistas na coordenação de estudos em gestão territorial.

Pelo lado do Estado, produtos *pós-ZAP* ainda não contam com um referencial técnico para serem compostos. Em diversas apresentações feitas pela SEAPA, informou-se que é um objetivo da pasta criar um “processo de evolução” de aplicação do ZAP que vai desde: i) a identificação das bacias hidrográficas degradadas; e passa pela ii) aplicação do ZAP; iii) a elaboração de um plano de adequação socioeconômica e ambiental da bacia; iv) tornar a bacia hidrográfica sustentável, a partir deste plano; e v) certifica-la ao fim do processo; trazendo benefícios aos produtores, como valor agregado em seus produtos e reconhecimento ambiental.

O Estado ainda se encontra no segundo passo do processo, que é a aplicação do ZAP pelos consultores, empresas e NEPZAPs através de demanda externa. O próximo passo, a elaboração e aplicação dos chamados Planos de Adequação Socioeconômica e Ambiental da Bacia, nunca foi realizado e não há previsão, pelo menos publicamente, de que haja um esforço das pastas referido a este Plano.

A elaboração de um referencial técnico para os Planos tem a possibilidade de alavancar ainda mais o ZAP, já que estes planos devem, pelo menos em teoria, indicar as ações a se tomar em uma bacia hidrográfica para torná-la sustentável. Atualmente, existem estudos *pós-ZAP*

chamados de Potencial de Adequação<sup>27</sup>, que seria, em tese, um Plano de Adequação simplificado que apresenta algumas ações generalizadas de recuperação de bacia, como por exemplo:

- Estimativa de custos para cercamento de APPs;
- Estimativa de custos para cercamento de nascentes;
- Estimativa de custos para recuperação de pastagens;
- Estimativa de custos para adequação de estradas vicinais;
- Entre outros.

Este material, pode utilizado como um base para um referencial técnico que subsidie um futuro Plano de Adequação para a bacia.

Outro ponto importante a se destacar refere-se aos métodos utilizados no instrumento ZAP, como por exemplo os dados utilizados no cálculo do índice de demanda hídrica superficial (IDHS). Os referidos dados, quando solicitados ao órgão gestor, necessitam de uma análise prévia pelo mesmo para avaliação da sua consistência prévia. Isso faz com que a disponibilização da informação ao usuário possa levar até 30 dias. Ou seja, para um instrumento que se ambiciona tornar uma política pública essa morosidade na disponibilização do dado pelo órgão responsável pode inviabilizar a adoção da ferramenta em larga escala. Desta forma é necessário que os sistemas sejam automatizados de forma a tornar mais célere o processo e assim, evitar esse gargalo existente.

Ainda na temática hídrica, é comum os resultados de IDHS do ZAP serem diferentes dos dados de disponibilidade hídrica calculadas pelo órgão ambiental. Isso acontece principalmente pelo ZAP utilizar a regionalização de vazão para o estado calculada no ano de 2012, que já é considerado um dado defasado, enquanto o órgão ambiental utiliza, na maioria das vezes, o estudo Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais do ano de 1993 (SOUZA, 1993) para outorgar, causando ainda mais diferença quando comparado a um ZAP.

Tais divergências trazem confusão e inconsistências entre os resultados de IDHS do ZAP e de disponibilidade hídrica do órgão ambiental, em virtude da utilização de métodos distintos. Assim torna-se necessário que haja uma padronização dos métodos de forma que as informações sejam coerentes e convergentes nos diferentes instrumentos de avaliação ambiental oficiais do Estado.

---

<sup>27</sup> Os ZAPs Córrego Rico ([https://drive.google.com/drive/folders/19X4IU23dOm\\_J3Z3JpGwM2XVFhkjnVjMC](https://drive.google.com/drive/folders/19X4IU23dOm_J3Z3JpGwM2XVFhkjnVjMC)) e Santa Isabel (<https://drive.google.com/drive/folders/1iB19pKPKA9N5F4shOEPvS5jk5x15aCt>) possuem tal documento.

Ademais, importantes ações de divulgações do instrumento fora do Estado e dentro de instâncias que trabalham com bacias hidrográficas é essencial, como nos Comites de Bacias Hidrográficas (CBHs), por exemplo. Isso faz com que o ZAP possa conseguir financiamentos através das agências dos CBHs, de cooperativas do setor agroecurário e de empresas que os compõe. Essas ações podem ser iniciadas pelos comitês responsáveis pelas bacias hidrográficas prioritárias, conforme resultado desta pesquisa e as divulgações podem ser realizadas pelo CGZAP e pelos NEPZAPs.

## **5 REFLEXÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A jornada através desta pesquisa trouxe um panorama detalhado sobre a aplicação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) em Minas Gerais, especificamente voltado para a promoção da agropecuária sustentável. Cada seção ofereceu uma lente única para examinar de onde o instrumento surgiu, como ele é utilizado atualmente e suas principais problemáticas. Para as reflexões finais, é fundamental consolidar essas descobertas em um contexto mais amplo.

- Hierarquização das Áreas Prioritárias:

A análise revelou áreas de alta prioridade, destacando regiões como o Triângulo Mineiro e o Noroeste de Minas como focos principais. Essas áreas foram identificadas com base em variáveis-chave, como uso agropecuário, pressão sobre os recursos hídricos e desmatamento. No entanto, é crucial ressaltar que a priorização não deve ser vista como estática, mas sim como um guia adaptável que pode evoluir com o tempo e as mudanças nas condições ambientais e socioeconômicas.

- Aplicação do ZAP em Diferentes Contextos:

A pesquisa evidenciou a flexibilidade do ZAP em se adaptar a diferentes objetivos, desde a sua aplicabilidade ao setor agropecuário quanto apenas ao setor ambiental. Essa adaptabilidade é uma vantagem significativa, pois permite que as descobertas sejam contextualizadas e aplicadas de forma relevante em várias políticas e práticas de manejo ambiental e agrícola. Contudo é importante que todas as informações levantadas de uma determinada bacia sejam incluídas nas análises dos diagnósticos obtidos pelo ZAP.

- Desafios e Oportunidades:

Embora o ZAP ofereça uma estrutura robusta para a tomada de decisões, sua eficácia depende da colaboração e do comprometimento de várias partes interessadas, incluindo o governo, instituições de pesquisa, comunidades locais e o setor privado. A pesquisa identificou desafios, como a falta de um plano de aplicação governamental e a necessidade de maior engajamento do Sistema Ambiental. No entanto, também apontou oportunidades, como o uso crescente de geotecnologias e o potencial para uma abordagem participativa na elaboração e implementação do ZAP.

- Implicações para Políticas Públicas:

Os resultados da pesquisa têm implicações significativas para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável dos recursos naturais e o fomento da agropecuária sustentável. Recomenda-se que os resultados sejam considerados em futuras estratégias de planejamento territorial, na alocação de recursos e na formulação de políticas relacionadas ao uso da terra, conservação ambiental e gestão de recursos hídricos.

O ZAP emerge como uma ferramenta valiosa para orientar o desenvolvimento sustentável em Minas Gerais, oferecendo uma abordagem integrada que considera tanto as necessidades socioeconômicas quanto os imperativos ambientais. No entanto, sua eficácia a longo prazo dependerá do compromisso contínuo das partes interessadas e do apoio institucional para sua implementação e atualização contínua.

À medida que se avança, é crucial reconhecer o ZAP não apenas como um instrumento de análise, mas como um catalisador para a transformação sustentável. Seu potencial para informar políticas, orientar práticas agrícolas e promover a conservação ambiental destaca sua importância como uma ferramenta vital na busca por um futuro mais equilibrado e próspero para Minas Gerais e além.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. G. **Estradas e conectividade na Mata Atlântica: identificando áreas prioritárias para aplicação de medidas de mitigação.** 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano Nacional de Segurança Hídrica.** Brasília: ANA, 112 p. 2019. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 09/01/2023. 2019.
- AQUINO, J.N.; SALIS, H. H. C.; GAMEIRO, S.; DE OLIVEIRA, M. A.; RODIGHERI, G.; MENDES, A. P. S. F.; SFREDO, G. A. (2020). **Zoneamento do Potencial de Uso Conservacionista na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos-RS.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 3, 2020.
- ARMENTERAS, D. *et al.* **Landscape Dynamics in Northwestern Amazonia: An Assessment of Pastures, Fire and Illicit Crops as Drivers of Tropical Deforestation.** PLoS ONE, v.8, January 2013.
- BARATA, M. M. L.; KLIGERMAN, D. C.; MINAYO-GOMEZ, C. **A gestão ambiental no setor público: uma questão de relevância social e econômica.** Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 165-170, mar. 2007.
- BARBIERI, J. C. **Políticas públicas ambientais.** In: BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BARBOSA, A. M.; FRACALANZA, P. S. **Uma reestruturação ecológica: a ecologia política de André Gorz.** Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política, p. 177-208, 2021.
- BEDRIJ, N. A.; RIZZI, N. E.; VELAZCO, S. J. E. **Bacia hidrográfica Piray Miní: geoprocessamento aplicado ao zoneamento territorial e sua implicação com a legislação.** Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, v. 116, n. 1, p. 117-127, 2017.
- BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, A.; SWAROWSKY, A. **Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão Ambiental.** *Disciplinarum Scientia.* V. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.
- BIRCH C.P.D., OOM S.P., BEECHAM J.A. **Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology.** 2007. Ecological Modelling 206: 346-359
- BORGES, M. G.; RODRIGUES, H. L. A.; LEITE, M. E. **Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do Cerrado no Norte de Minas Gerais e suas fitofisionomias.** Caderno de Geografia, v. 29, n. 58, p. 819-835, 2019.
- BORSOI, Z. M. F; TORRES, S. D.A. **A política de recursos hídricos no Brasil.** Rio de Janeiro: Revista do BNDES 4(8): 143-166. 1997.
- BRAND, G. J. *et al.* **The hexagon/panel system for selecting FIA plots under an annual inventory.** USFS FIA research publications, 2000.

BRASIL. Decreto nº 9.841, de 18 de junho de 2019. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Brasília, 2019a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d9841.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9841.htm). Acesso em: 17 de abr. de 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania**. Texto para apreciação. Brasília, 2019b. 240p. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao\\_Conselhos\\_Resolucao\\_Alta\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Versao_Conselhos_Resolucao_Alta_Capa_Atualizada.pdf). Acesso em: 17 de abr. de 2023.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]**. Congresso Nacional. Brasília, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 06 de maio de 2022.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. **Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências**. Brasília, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm). Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 10 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997**. Brasília, 1997. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=237](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237). Acesso em: 18 nov. 2023.

BROWN, Cathy; OLSEN, Anthony R. **Bioregional monitoring design and occupancy estimation for two Sierra Nevada amphibian taxa**. *Freshwater Science*, v. 32, n. 3, p. 675-691, 2013.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.

CAMARGO, A. *et al.* (Orgs.). **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

CARSON, R. **Silent Spring**. 40th anniversary ed., 1st Mariner Books ed ed. Boston: Houghton Mifflin, 2002.

CARVALHO, W.T.V.; MINIGHIN, D.C.; GONÇALVES, L.C.; VILLANOVA, D.F.Q.; MAURICIO, R.M.; PEREIRA, R.V.G. (2017). Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. *Pubvet*, v.11, n.10, p.1036-1045.

CESAR DE OLIVEIRA, S. E. M. et al. **The European Union and United Kingdom's deforestation-free supply chains regulations: Implications for Brazil**. *Ecological Economics*, v. 217, p. 108053, 1 mar. 2024.

CÉSAR, P. S. M.; CARNEIRO, R. **A gestão ambiental em Minas Gerais e o rompimento da barragem de rejeitos do fundão em Mariana/MG**. Revista do Direito Público, Londrina, v. 13, n. 2, p.230-266, ago. 2018. DOI: 10.5433/24157-108104-1.2018v13n2p230. ISSN: 1980-511X.

CHAVES, M. E. D.; MARTINS, F. C. M.; CONCEIÇÃO, K. V.; MATAVELI, G. A. V. **Análise espaço-temporal da incidência de focos de calor nos biomas cerrado e caatinga em Minas Gerais**. Anais: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019.

CHRISTOFOLETI, A. (1999) **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Ed. Edgard Blücher Ltda, 1ª ed. 1999. São Paulo, 236p.

COLLINS, M.G.; STEINER, F.R.; RUSHMAN, M.J. **Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements**. Environmental Management, v.28, n.5, p.611-621, 2001

COMITÊ GESTOR DO ZONEAMENTO AMBIENTAL E PRODUTIVO - CGZAP (Minas Gerais). **Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de sub-bacias hidrográficas**. 4ª Edição, 2023.

\_\_\_\_\_. **Relatório Técnico nº 4/FEAM/GEAAD/2022: Relatório Anual do Comitê Gestor do ZAP – Ano de 2022 (PROCESSO SEI-MG Nº 2090.01.0002760/2020-53)**. Belo Horizonte, 2022a. 4 p. Disponível em:

<https://www.mg.gov.br/sites/default/files/agricultura/images/documentos/Relatorio%20CGZAP%202022.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2022.

\_\_\_\_\_. **Deliberação nº 24/Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental e Produtivo - ZAP, de 30 de agosto de 2022**. Aprova o Método do Potencial de Uso Conservacionista - PUC em substituição à etapa de Unidades de Paisagem para a elaboração dos estudos de Zoneamento Ambiental e Produtivo. Belo Horizonte, 2022b. 2p. Disponível em: [https://t.ly/k\\_pg](https://t.ly/k_pg). Acesso em: 25 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **Regimento Interno do Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental Produtivo**. Belo Horizonte, 2020. 3p. Disponível em: <https://t.ly/9C-sV>. Acesso em: 25 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **Deliberação nº 12/Comitê Gestor do Zoneamento Ambiental e Produtivo - ZAP, de 1 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a aprovação do Zoneamento Ambiental Produtivo da sub-bacia do Rio Manso. Belo Horizonte, 2018. 2p. Disponível em: <https://t.ly/pz1K>. Acesso em: 25 set. 2022.

COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO DO PROJETO BRUMADINHO UFMG – CTC (Minas Gerais). **Chamada Pública Interna Induzida No. 60/2020: Zoneamento Ambiental Produtivo na Sub-Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão**. Disponível em: [https://t.ly/2E\\_O](https://t.ly/2E_O). Acesso em: 05 fev. 2023.

CONAB, C. N. DE A. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café**. Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/51476\\_9b6cef3bcc55e933bec85289ceb607ea](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafe/boletim-da-safra-de-cafe/item/download/51476_9b6cef3bcc55e933bec85289ceb607ea). Acesso em: 12 jan. 2024.

COSTA, S. G.; FONSECA, A. I. A. **A recente conjuntura hidroprodutiva do projeto de irrigação gorutuba, localizado em nova porteirinha no norte de minas**. Geografia, v. 43, n. 1, p. 53-64, 2018.

COSTA, A. M.; SILVA, V. C. S.; ARAÚJO, B. J. R. S.; MOURA, M. S. **Reflexões a partir da Aplicação de Modelo para Análise Quantitativa dos Recursos Hídricos Superficiais na Região Metropolitana de Belo Horizonte (Alto e Médio-Alto Velhas) - MG.** Revista Geociências-UNG-Ser, v. 21, n. 1, p. 36-49, 2023.

COSTA, A. M.; DA SILVA, L. H.; DA SILVA, V. C.; MOURA, M. S.; MOTA, P. K.; ARAÚJO, B. J. R. S. **Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, PR.** Perspectiva Geográfica, [S. l.], v. 14, n. 20, p. 107–122, 2020. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/24034>. Acesso em: 17 nov. 2022.

COSTA, A. M.; SALIS, H. H. C.; ARAÚJO, B. J. R. S.; MOURA, M. S.; SILVA, V. C.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, M.P.R.; VIANA, J.H.M.; **Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte-MG.** Revista GEOgrafias, v. 27, n. 2, p. 127-147, 2019a.

MONTEIRO DA COSTA, A.; DA SILVA, L. H.; CORDEIRO DA SILVA, V.; SOARES DE MOURA, M.; MOTA, P. K.; REIS SILVA DE ARAÚJO, B. J. **Potencial de Uso Conservacionista (PUC) e Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, PR.** Perspectiva Geográfica, [S. l.], v. 14, n. 20, p. 107–122, 2019b. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/24034>. Acesso em: 17 nov. 2023.

COSTA, A. M.; SALIS, H. H. C.; VIANA, J. H. M.; PACHECO, F. A. L. **Groundwater recharge potential for sustainable water use in urban areas of the Jequitiba River Basin, Brazil.** Sustainability (Switzerland) Switzerland, v. 11, n. 10, 2019c.

COSTA, A. M.; CARVALHO, D. C.; SALIS, H. C.; HORTA, I. M. F.; SAMPAIO, J. D. L.; VIANA, J. H. M.; PEDRAS, K. C.; EVANGELISTA, L. P.; PEREIRA, M. P. R. **Ponderação de variáveis ambientais para a determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais.** GEOgrafias, v. n. 1, 2017

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

DIAS, G. **Pulsões, capitalismo destrutivo e ecologia: Perspectivas marcusianas.** Das Questões, v. 14, n. 1, 2022.

DIAS, L.C.P., *et al.* **Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture.** Global change biology, v.22, n. 8, p.2887-2903, 2016.

DUPUY, J. P. **Introdução à crítica da ecologia política.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1980.

EASTMAN, J.R. (1997). **IDRISI for Windows: User's Guide.** Version 2.0. Clark University – Graduate School of Geography, Worcester, MA, USA.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS – EMATER (Minas Gerais). **Zoneamento Ambiental Produtivo do Conjunto de Sub-Bacias Hidrográficas do Alto e Médio Baixo Rio do Carmo.** Belo Horizonte, 2018a. 74 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental Produtivo da Sub-Bacia do Rio do Peixe**. Belo Horizonte, 2018b. 42 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental Produtivo da Bacia Hidrográfica do Rio Gualaxo do Norte**. Belo Horizonte, 2017a. 49 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental Produtivo do Conjunto de Sub bacias Hidrográficas do Baixo Rio Piranga**. Belo Horizonte, 2017b. 77 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental Produtivo do Conjunto de Sub-Bacias do Baixo Trecho do Rio do Carmo**. Belo Horizonte, 2017c. 34 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental Produtivo do Conjunto de Sub-Bacias do Alto Trecho do Rio Doce**. Belo Horizonte, 2017d. 40p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Ambiental e Produtivo – ZAP Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ipanema**. Belo Horizonte, 2016. 60 p.

FAO. 2022. **World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022**. Roma. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc2211en>. Acesso em: 12 ago. 2023.

FERNANDES, M. R. (Coord.). **Minas Gerais: caracterização de unidades de paisagem**. Belo Horizonte: EMATER, 2013. 92 p.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. da S.; SILVA, R. G. da. **Degradação ambiental no estado de Minas Gerais**. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília: SOBER, v.43, n.1, p.179-198, 2005.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; LOBO, F. C. **Base de dados territoriais necessárias à análise de um sistema de reserva legal extra-propriedade no estado de Goiás**. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 27, n. 1, p. 27-46, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/3441/3305>>.

FERREIRA, D. S.; RIBEIRO, W. R.; GONÇALVES, M. S.; PINHEIRO, A. A.; SALES, R. A.; REIS, E. F. **Cenário da Área Irrigada por Pivô Central no Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais, Brasil**. Nativa, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 613–618, 2018. DOI: 10.31413/nativa.v6i6.5864. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/5864>. Acesso em: 25 fev. 2024.

FERREIRA, M. O.; VINHA, J. F. S. C. **Expressões do Agronegócio no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba: A Territorialização do Setor Sucroalcooleiro em Uberaba (MG)**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 1, n. 31, p. 495-522, 1 jun. 2020.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O’CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. **M. Solutions for a cultivated planet**. Nature, n. 478, p. 337-342, 2011.

FREITAS, L; MORAES, J; COSTA, A; MARTINS, L; SILVA, B; AVAZI, J; UEZU, A, 2022. **How Far Can Nature-Based Solutions Increase Water Supply Resilience to Climate Change in One of the Most Important Brazilian Watersheds?**. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4834/3/3/42>. Acesso em 22 fev. 2024.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Avaliação Ambiental e Gestão Território**. 2023. Disponível em: <http://www.feam.br/avaliacao-ambiental-e-gestao-do-territorio>. Acesso em: 02 fev. 2024.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE / SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - FEAM/SEAPA. **Metodologia do Zoneamento Ambiental e Produtivo de sub-bacias hidrográficas**. 3ª Edição, 2020.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. INFORMATIVO FJP – CONTAS REGIONAIS/PIB DOS MUNICÍPIOS PRODUTO INTERNO BRUTO DOS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS 2021.FJP, [S. l.], v. 5, n. 14, 15 de dezembro de 2023. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/produto-interno-bruto-pib-de-minas-gerais/>. Acesso em: 27 de fev. de 2024.

FURLAN, A. A. **Geoprocessamento: estudos de Geomarketing e as possibilidades de sua aplicação no planejamento do desenvolvimento socioeconômico**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), [S. l.], v. 15, n. 2, p. 97-105, 2011. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74208. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74208>. Acesso em: 22 fev. 2023.

GESELBRACHT, L.; TORRES, R.; CUMMING, G.S.; DORFMAN, D.; BECK, M. **Marine/Estuarine Site Assessment for Florida: A Framework for Site Prioritization; Final Report for Florida's Wildlife Legacy Initiative, a Program of the Florida Fish and Wildlife Conservation Commission; The Nature Conservancy; Gainesville, FL, EUA, 2005. 124 p.**

GOODCHILD, M. F. **Scale in GIS: An overview**. *Geomorphology*, v. 130, n. 1-2, p. 5–9, jul. 2011.

GUERRA, A. T. **Recursos naturais do Brasil**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220p.

HENRIQUE, H. C. S.; EVANGELISTA, L. P.; COSTA, A. M.; HORTA, I. M. F. **Diagnóstico Da Disponibilidade Hídrica Na Bacia Hidrográfica Do Rio Manso - MG**. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 18, n. 64, p. 91–102, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40914>. Acesso em: 25 fev. 2024.

HOFFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**: Novagraphic, Ing. Wolfgang Schmid, Wien, Austria, 2001.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IDE-SISEMA). **Atividades fiscalizadas**. Belo Horizonte: SEMAD, 2023a. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Imóveis para recomposição de APPs - declarado no CAR**. Belo Horizonte: IEF, 2023b. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Licenças ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA).** Belo Horizonte: SEMAD, 2023c. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Outorgas de direito de uso de recursos hídricos.** Belo Horizonte: IGAM, 2023d. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Rompimento da Barragem B1 em Brumadinho/MG - Impactos ambientais (Área Diretamente Afetada).** Belo Horizonte: FEAM, 2023e. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Unidades de conservação estaduais.** Belo Horizonte: IEF, 2023f. Escalas de 1:1.000 a 1:250.000. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Unidades de conservação municipais.** Belo Horizonte: IEF, 2023g. Escalas de 1:1.000 a 1:250.000. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Áreas de conflito por uso de recursos hídricos.** Belo Horizonte: IGAM, 2023h. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Unidades de conservação federais.** Belo Horizonte: ICMBio & IEF, 2022. Escalas de 1:10.000 a 1:250.000. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Área afetada pelo rompimento da barragem Fundão.** Belo Horizonte: FEAM, 2020. Dado em formato vetorial (shapefile). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 02 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2021.** Prod.: Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Manual técnico de uso da terra.** Rio de Janeiro, 2021. 119 p. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2021/estimativa\\_dou\\_2021.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf). Acesso em: 02 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Contas Regionais: Brasil 2020 (Informativo).** Prod.: Diretoria de Pesquisas – DPE - Coordenação de Contas Nacionais - CCN. Rio de Janeiro, 2020. 12 p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101975\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101975_informativo.pdf). Acesso em: 02 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. **Censo Agropecuário 2017.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017a. Disponível em: <https://bit.ly/2wzsoU0>. Acesso em 02 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias, 2017.** Prod.: Diretoria de Pesquisas – DPE. Rio de Janeiro, 2017b. 83 p.

Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais PRA-MG**: Manual Técnico. Belo Horizonte: 2021. 92 p. Disponível em: [http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2021/REGULARIZACAO\\_IMOVEIS\\_RURAIIS/Manual\\_PRA.pdf](http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2021/REGULARIZACAO_IMOVEIS_RURAIIS/Manual_PRA.pdf) Interativo.pdf. Acesso em: 05 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG; WWF BRASIL; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Projeto Áreas Prioritárias**: Estratégias para a conservação da biodiversidade e ecossistemas de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2021. 169 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Panorama das Águas de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Igam, 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. 2022a. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/-plano-estadual-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 02 fev. 2023.

\_\_\_\_\_. **Gestão e Situação das Águas de Minas Gerais: Ciclo 2019 - 2022**. Belo Horizonte: IGAM, 2022b.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de construção da base hidrográfica ottocodificada de Minas Gerais**. 72 pg. Belo Horizonte, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA AMAZÔNIA E DEMAIS BIOMAS. **Mapa de Desmatamento PRODES**: Mapa interativo com polígonos de incrementos de desmatamento da Amazônia Legal e Cerrado. 2021. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 02 out. 2023.

IRRIGANOR. **Apresentação dos ZAPs das Bacias do Ribeirão das Almas, Ribeirão Santa Isabel e Entre Ribeiro**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24º, 2021, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=jPQd2API98E> >. Acesso em: 12 de fev. de 2023.

KALIL, A. J. B. Entrevista concedida a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Belo Horizonte, 06 de novembro de 2018. [A entrevista encontra-se transcrita no ANEXO A desta dissertação]

KÖTHKE, M.; LIPPE, M.; ELSASSER, P. **Comparing the former EUTR and upcoming EUDR**: Some implications for private sector and authorities. *Forest Policy and Economics*, v. 157, p. 103079, 2023.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. **World Map of Köppen-Geiger climate classification updated**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LABORATÓRIO DE SOLOS E MEIO AMBIENTE. **Zoneamento Ambiental e Produtivo da Bacia Hidrográfica do Rio Manso - MG**. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2017.

LANDRÉ, M. **Geoprocessing journey-to-work data: delineating commuting regions in Dalarna, Sweden**. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 1, n. 3, p. 294-314, 2012.

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO (LAPIG). **Atlas das Pastagens – Qualidade de Pastagem**. Goiânia, 2021. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em: 02 out. 2022.

LAMBIN, E.F., GIBBS, H.K., HEILMAYR, R. et al. **The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation**. Nature Clim Change 8, p. 109– 116, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0061-1>

LAURENTINO, C. M. M.; SILVA, L. A. P.; MARQUES, S. C. S.; LEITE, M. E. **Desmatamento na Bacia do Rio Verde Grande, Norte de Minas Gerais – Brasil**. Geoambiente On-line, Goiânia, n. 39, 2021. DOI: 10.5216/revgeoamb.i39.64618. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/64618>. Acesso em: 22 mar. 2024.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. **Effects of tropical deforestation on climate and agriculture**. Nature Climate Change, v. 5, n. 1, p. 27-36, 2015.

LEAL, F. A.; ALMEIDA, M. V. DE S.; LEAL, G. DA S. A.; SANTOS FILHO, F. F. **Modelagem de Corredores Ecológicos para Conexão entre duas Florestas Nacionais em Rondônia**. 2019. Nativa, 7(2), 204-212. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6747>

LEITE, A. Z. **Análise da concentração fundiário no Brasil: desafios e limites do uso do índice de Gini**. Presidente Prudente: Revista NERA, ano 21, número 43, 2018.

LIMA, G. F. C. **A institucionalização das políticas e da gestão ambiental no Brasil: avanços, obstáculos e contradições**. 2011. Desenvolvimento e Meio Ambiente, (23), 121-132

LOPES, L.M.N. 2016. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**. Sinapse Múltipla, 5(1): 1-14.

LOPES, D.; LOWERY, S.; PEROBA, T.L.C. **Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável**. Revista do BNDES, v.45, p.155-196, 2016

MACHADO, M. F. **Geodiversidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2010. 131p. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade\\_MG.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_MG.pdf)>.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview**. Progress in Planning, v.62, p.3-65, 2004.

MAPBIOMAS (Brasil). **Estatística de Acurácia**. 2023. Disponível em: <https://mapbiomas.org/accuracy-statistics>. Acesso em: 05 fev. 2023.

MAPBIOMAS (Brasil). **Projeto MapBiomass** – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em 03 abr. 2023

MATOS, C. B. **Compensação ambiental como mecanismo de conservação**: dos métodos ao teste de cenários baseados no Novo Código Florestal. 2022. Tese (Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. doi:10.11606/T.41.2022.tde-02082022-194152. Acesso em: 22 de fev. de 2023.

MILLER, R.C.; GUERTIN, D.P.; HEILMAN, P. **Information technology in watershed management decision making**. Journal of the American Water Resources Association, Middleburg, v. 40, n. 2, p. 347-357, 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria Geral de Minas Gerais. (ed.). **Minas é o primeiro estado do Brasil a superar marca de 5 GW de geração de energia solar fotovoltaica**: com projetos voltados ao desenvolvimento sustentável, governo do estado garante competitividade no setor de energia limpa e renovável. Com projetos voltados ao desenvolvimento sustentável, Governo do Estado garante competitividade no setor de energia limpa e renovável. 2023. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-e-o-primeiro-estado-do-brasil-a-superar-marca-de-5-gw-de-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 18 set. 2022.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Panorama do Comércio Exterior do Agronegócio de Minas Gerais**. [Belo Horizonte]: Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022. Disponível em: [https://www.mg.gov.br/agricultura/documento/panorama\\_2022pdf](https://www.mg.gov.br/agricultura/documento/panorama_2022pdf). Acesso em: 12 ago. 2023.

\_\_\_\_\_. Secretaria Geral de Minas Gerais. (ed.). **Minas Gerais formaliza adesão à campanha mundial Race to Zero para zerar emissões de carbono**: estado é o primeiro da América Latina e Caribe a aderir à ação; governo se compromete a atrair negócios sustentáveis e fomentar criação de empregos verdes. Estado é o primeiro da América Latina e Caribe a aderir à ação; governo se compromete a atrair negócios sustentáveis e fomentar criação de empregos verdes. 2021. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-formaliza-adesao-a-campanha-mundial-race-to-zero-para-zerar-emissoes-de-carbono>. Acesso em: 18 set. 2022.

\_\_\_\_\_. Lei nº 23.304 de 30 de maio de 2019. **Estabelece a estrutura orgânica do Poder Executivo do Estado e dá outras providências**. Belo Horizonte, 2019a. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23304/2019/?cons=1>. Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 47.760, de 20 de novembro de 2019. **Contém o Estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente e dá outra providência**. Belo Horizonte, 2019b. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/47760/2019/?cons=1>. Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 47.705 de 04 de setembro de 2019, **estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais**. Diário Oficial do Estado, Belo Horizonte, 2019c. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49498>. Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa COPAM nº 229, de 10 de dezembro de 2018. **Dispõe sobre a Avaliação Ambiental Integrada como instrumento de apoio ao planejamento da implantação de novos empreendimentos hidrelétricos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=47298>. Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Deliberação Normativa COPAM nº 213, de 22 de fevereiro de 2017. **Regulamenta o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” e no art. 18, § 2º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será atribuição dos Municípios**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=43778>. Acesso em 18 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 46.650 de 19 de novembro de 2014. **Aprova a Metodologia Mineira de Caracterização Socioeconômica e Ambiental de Sub-Bacias Hidrográficas, denominada Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP – e dá outras providências**. 2014. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/46650/2014/?cons=1>. Acesso em: 17 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 46.113, de 19 de dezembro de 2012. **Aprova a Metodologia Mineira para Aferição do Desempenho Socioeconômico e Ambiental de Propriedades Rurais**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/46113/2012/>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

MOREIRA, E. F.; SANTOS, R. L. S.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; BOSCOLO, D.; PIGOZZO, C. M. **Comparação e desempenho dos algoritmos paramétricos na classificação supervisionada de áreas naturalmente heterogêneas e dinâmicas**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 68 (3) Edição Especial Aplicações dos SIG, p.581-594, 2016.

MOURA, M. S. **Avaliação da dinâmica de provisão de serviços ecossistêmicos múltiplos no alto curso do Rio das Velhas, MG**. 2023. 141 f. Tese (Doutorado em Geografia - Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

MUCIDA, D. P. *et al.* **Designing optimal agrosilvopastoral landscape by the potential for conservation use in Brazil**. Sustainable Horizons, v. 5, p. 100045, 2023.

MUKAKA, M. M. **Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research**. Malawi Med J. 2012; 24(3): 69-71.

MUÑOZ, A. M. M.; FREITAS, S. R. **Importância dos Serviços Ecossistêmicos nas Cidades: Revisão das Publicações de 2003 a 2015**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 89–104, 2017. DOI: 10.5585/geas.v6i2.853. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/10049>. Acesso em: 12 out. 2023.

NASCIMENTO, L. F. **Gestão ambiental e sustentabilidade**. Florianópolis, Departamento de Ciências da Administração. UFSC/CAPES, UAB. 2012.

NOGUEIRA, D. **Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro.** Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate, v. 8, n. 3, 2017.

OLIVEIRA, A.R.; PACHECO, F. A. L.; FERNANDES, L.F.S; COSTA, A. M. **Trends of potentially illegal deforestation over protected areas of Rio das Velhas basin, Brazil.** Land Degrad Dev. 2023;34:4649–4666. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ldr.4799>. Acesso em 22 fev. 2024.

PEREIRA, R. H. M. *et al.* (2022) **Estimativas de acessibilidade a empregos e serviços públicos via transporte ativo, público e privado nas 20 maiores cidades do Brasil em 2017, 2018, 2019.** Texto para Discussão N. 2800. Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em <https://www.ipea.gov.br/portal/publicacao-item?id=11058/11345>

PEREIRA, L. F.; CRUZ, G. de B.; GUIMARÃES, R. M. F. **Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra.** Journal of Environmental Analysis and Progress, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 122–129, 2019. DOI: 10.24221/jeap.4.2.2019.2373.122-129. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/2373>. Acesso em: 25 fev. 2024.

PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JUNIOR, I. F. DE.; CASTRO, L. S. DE .. **As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais.** Nova Economia, v. 28, n. 1, p. 297–337, jan. 2018.

PIRES, R. T. **Estudo de métodos quantitativos da geodiversidade e sua aplicabilidade na Chapada Diamantina – BA.** 2018. 176f. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciência da Terra e do Ambiente) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas.** Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

QUINTAS, J. S. **Introdução à gestão ambiental pública.** Brasília: IBAMA, 2006

RAMOS, A.; RAMOS, F.; CIFUENTES, P.; FERNANDEZ-CAÑADAS, M. **Visual landscape evaluation: A grid technique.** Landscape Planning, Amsterdam, v. 3, n. 1-2, p. 67-88, 1976. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/0304-3924\(76\)90103-9](https://dx.doi.org/10.1016/0304-3924(76)90103-9)

RAMOS, O. D.; SILVA, D. C.; PASCARELLI, B. M. O. 2018. **O papel da substituição do Cerrado por áreas de agropecuária e a extinção do lobo-guará.** Semioses, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 97–111. DOI: 10.15202/1981996x.2018v12n2p97

REIS, P. R. C.; SILVEIRA, S. F. R.; RODRIGUES, P. E. L. **Impactos da Política Nacional de Irrigação sobre o desenvolvimento socioeconômico da região Norte de Minas Gerais: uma avaliação do Projeto Gorutuba.** Revista de Administração Pública, v. 46, p. 1101-1130, 2012.

RISSO, A.; CORRÊA, M. T.; BELUCO, A.; ALVES, R.C.M. **Ponderadores de distância para parâmetros de complementaridade espacial entre recursos energéticos renováveis no Estado do Rio Grande do Sul.** Anuário do Instituto de Geociências. Vol. 41, n. 1 (2020), p. 57-70. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/217121>. Acesso em: 22 de fev. de 2023.

ROCHA, J. C. M.; LUZIO-DOS-SANTOS, L. M. **Sustentabilidade Complexa: o discurso de sustentabilidade sob a perspectiva do Pensamento Complexo de Edgar Morin**. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 208–227, 2020. DOI: 10.14295/remea.v37i1.9789. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/9789>. Acesso em: 25 mar. 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Edições UFC. Fortaleza, 2013.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 16, p. 81-90, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2005.0016.0009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 06 mai. 2022.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

ROSS, J. L. S. **Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, v.9, p.64-75, 1995.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais (tensões intraplacas, descontinuidades crustais e morfogênese)**. 1991. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SANTOS, J. A.; COLMAN, L. P.; SANTOS, A. J. B; BELLINI, C.; PIZETTA, G. T.; WEBER, M. I.; OLIVEIRA, F. L. C; RAMOS, R. M. A.; SANTOS, E. A. P. **Identificação de Áreas Críticas para Tartarugas Marinhas e sua Relação com Unidades de Conservação no Brasil. Biodiversidade Brasileira - Biobrasil**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 1-24, 22 jul. 2022. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICBBio. <http://dx.doi.org/10.37002/biobrasil.v12i4.2038>.

SANTOS, H. F. dos. **Modernização da Agricultura e Dinâmica do Agronegócio Globalizado no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba**. Geografia em Questão, [S. l.], v. 12, n. 1, 2019. DOI: 10.48075/geoq.v12i1.18330. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/18330>. Acesso em: 6 fev. 2024.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. 1ª ed. 2ª tiragem. Ilhéus, BA: Editus, 2005.

SCHIO, L. **Malhas de amostragem retangular e hexagonal na geração de mapas de fertilidade e aplicação para agricultura de precisão**. 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - SEAPA (Minas Gerais) (org.). **Zoneamento Ambiental e Produtivo**. 28 de dezembro de 2023. [S. l.], 1 fev. 2015. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/pagina/zoneamento-ambiental-e-produtivo>. Acesso em: 28 dez. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD. **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**: Suporte para o planejamento anual das fiscalizações ambientais. Belo Horizonte: 2020. 131 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório Técnico DEPA 01/2018 ERRATA**: Classificação das bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais quanto à prioridade para elaboração de Avaliação Ambiental Integrada – AAI de aproveitamentos hidrelétricos. Belo Horizonte: 2019. 89p. Disponível em: <http://t.ly/O96S>. Acesso em: 05 fev. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL / SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – SEMAD/SEAPA. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo**: ZAP de sub-bacias hidrográficas. 1ª Edição, 2014.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo**: ZAP de sub-bacias hidrográficas. 2ª Edição, 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL; SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – SEMAD/SEAPA; Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais/EMATER; Agência de Desenvolvimento Regional Integrado - ADERI PUC MINAS. **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: 2019. 66 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE); SERVIÇOS EM INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SEBRAETEC); FUNDAÇÃO ALEXANDER BRANDT. **Zoneamento Ambiental Produtivo da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Isabel - MG**: Relatório Técnico Diagnóstico. Belo Horizonte: 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1iBI9pKPKA9N5F4shOEQPvS5jk5xl5aCt>. Acesso em: 25 de fev. de 2024.

SILVA, I. A. M.; COSTA, A. M. **Mudança temporal no uso e cobertura da terra na bacia do alto rio das Velhas**. RA'EGA, Curitiba, PR, v. 55, p. 154–175. 2022.

SILVA, A. S.; FONSECA, A. I. A. **O Espaço Rural**: Percepção dos Riscos Trabalhistas nos Projetos de Irrigação Gorutuba/Lagoa Grande e Jaíba-MG. Revista Tocantinense de Geografia, v. 9, n. 17, p. 63-76, 2020.

SOARES DA SILVA, Q. M.; KUBO, R. R. **Conflitos Ambientais no Norte de Minas Gerais**: A Resistência dos Vazanteiros. Revista de Extensão e Estudos Rurais, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 169–189, 2018. DOI: 10.36363/rever722018169-189. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rever/article/view/3402>. Acesso em: 22 mar. 2024.

SOTIROV, M. et al. **Policy options to regulate timber and agricultural supply-chains for legality and sustainability**: the case of the EU and Brazil. Forest Policy and Economics, v. 144, p. 102818, 2022.

SOUZA, E. C.; SILVA, G. J. C. **Dinâmica espacial e formação de clusters significativos no setor agropecuário de Minas Gerais**. Economia & Tecnologia, v. 20, p. 107–116, 2010.

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

STORE, R.; KANGAS, J. **Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling**. Landscape and Urban Planning, v.55, p.79-93, 2001.

TENENWURCEL, M. A.; MOURA, M. S.; COSTA, A. M.; MOTA, P. K.; VIANA, J. H. M.; FERNANDES, L. F. S.; PACHECO, F. A. L. **An improved model for the evaluation of groundwater recharge based on the concept of conservative use potential: A study in the river Pandeiros Watershed, Minas Gerais, Brazil**. Water (Switzerland), v. 12, n. 4, 2020.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, EDUSP e ABRH, 1993, 495 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

UN WATER. **Water security and the global water agenda: A UN-Water analytical brief**. Hamilton, ON: UN University Institute for Water, Environment and Health. 2013. 47 p.

VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; ANDRADE, R.G.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. **Potencialidades para expansão e diversificação agrícola sustentável do Cerrado**. In: BOLFE, É. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Org.). Dinâmica agrícola no Cerrado: Análises e projeções. 1ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020, v. 1, p. 229-258.

WIEST, W. A. *et al.* **Population estimates for tidal marsh birds of high conservation concern in the northeastern USA from a design-based survey**. The Condor: Ornithological Applications, v. 118, n. 2, p. 274-288, 2016.

WORLD BANK. World development indicators: monetary indicators. Washington: World Bank, 2015. Disponível em: <<http://wdi.worldbank.org/table/4.15>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

WU, W. e SIDLE, R. C. **Distributed Slope Stability Model for Steep Forested Basins**. Water Resources Research, 31(8). 1995. p. 2097-2110

ZHU, X. **GIS for Environmental Applications: A Practical Approach**. New York, Routledge Ed, 2016, 461p.

### APÊNDICE A – Diferenças entre as edições da metodologia ZAP

Diferenças de métodos entre as edições da metodologia ZAP				
	1ª Edição (SEMAD/SEAPA, 2014)	2ª Edição (SEMAD/SEAPA, 2016)	3ª Edição (FEAM/SEAPA, 2020)	4ª Edição (CGZAP, 2023)
Produtos	<b><i>Delimitação da sub-bacia hidrográfica</i></b>			
	<p>ZAP deverá considerar sub-bacias de nível 5 ou 6 de acordo com a Ottocodificação de bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais (IGAM, 2012).</p> <p>Dentro dessa faixa de nível de bacias, sugere-se o uso de sub-bacias com área variando de 30.000 a 150.000 ha. Não há adequação da rede hidrográfica a ser feita.</p>	<p>A partir desta edição é necessário realizar a adequação da rede hidrográfica para a escala da sub-bacia analisada.</p>	<p>A seleção da área de estudo deverá considerar bacias hidrográficas com limites variando entre 15.000 e 55.000 hectares. Há exceções para casos especiais (a ser estudado pelo Comitê Gestor), para bacias menores que desagüam em outras bacias maiores que 55 mil hectares. Quando para bacias maiores que 55 mil hectares, recomenda-se seu recorte em um conjunto de sub-bacias, considerando seu alto, médio e/ou baixo curso, de forma a obter áreas compreendidas no intervalo predefinido.</p>	<p>Na última edição os limites continuam os mesmos, contudo há uma nova forma de definir bacias hidrográficas acima de 55 mil hectares e que podem ser analisadas em um único estudo, sem necessidade de elaborar diferentes ZAPs.</p>
	<b><i>Definição de unidades de paisagem</i></b>			
	<p>Era aplicada uma álgebra de mapas a partir de três mapas básicos: geomorfológico, geológico e pedológico. Estes mapas deveriam ser compatibilizados a escala de 1:50.000. Utilizava-se a seguinte equação para definir as UPs: (Mapa Geomorfológico x 0,6 + Mapa Litológico x 0,1 + Mapa Pedológico x 0,3). A atribuição de pesos para as classes dos mapas (Geomorfológico, Litológico e Pedológico) era de acordo com Giacomini Ribeiro (2012). Campo para verificação das UPs era obrigatório. O método era muito complexo e demandava excessivo tempo e conhecimento para sua elaboração.</p>	<p>Álgebra de mapas deixou de ser utilizada. O procedimento fica totalmente manual e dependente apenas das curvas de nível extraídas do Modelo Digital de Elevação. Há inclusão de informações de litologia, pedologia e geomorfologia, no entanto, de forma inferente. O resultado é subjetivo e não há automatização quantitativa das informações. O técnico necessita de maior treinamento para elaborar o produto. O campo foi mantido e há padronização para as UPs utilizadas.</p>	<p>Manteve-se o método da 2ª edição. Há nova padronização de nomenclatura de UPs e de cores de representação. Foi incluído no anexo um manual mais completo com exemplos de como identificar cada UP. Houve melhorias nas bases oficiais utilizadas, principalmente na resolução.</p>	<p>Não há mais necessidade de criar mapeamento para as Unidades de Paisagem, no entanto é necessário destacar textualmente e com imagens as UPs mais comuns na sub-bacia em estudo.</p>

<b>Potencial de Uso Conservacionista</b>			
Método não incluso.			O PUC é um método oficial na 4ª edição da metodologia.
<b>Estudo de Disponibilidade Hídrica</b>	<b>Estudo de Disponibilidade Hídrica</b>	<b>Avaliação da Pressão Hídrica</b>	<b>Índice de Demanda Hídrica Superficial (IDHS)</b>
Levantamento de oferta e demanda de água superficial na sub-bacia hidrográfica. Utilizava-se informações diretas do Atlas Digital das Águas de Minas ou dos dados de relatório do IGAM. A análise pelo Atlas Digital era mais completa. Através do IGAM era necessário solicitar relatório de usuários de água, o processamento deste relatório e sua análise com os devidos cálculos como preconiza a metodologia.	Estudo feito apenas com as informações de relatório de usuários de água do IGAM. Há melhores informações de como se deve seguir o método que resulta em quatro subprodutos: Usuários de Água Superficial, Trechos com Demanda, Situação da Disponibilidade Hídrica por trecho de curso d'água e Viabilidade de Regularização da Vazão. Do mesmo modo da 1ª edição, havia um árduo processamento nos dados recebidos de usuários de água superficial.	O nome do método foi alterado para que não haja confusão com a Disponibilidade Hídrica que o IGAM realiza (já que é um procedimento diferente). Nesta edição, o método é alterado significativamente. Anteriormente a análise era feita por trecho de água, enquanto nesta edição a análise é feita a montante e jusante de cada trecho analisado, ou seja, a demanda é acumulada à jusante a qual sua situação altera a montante. Apenas três subprodutos são obrigatórios: Usuários de Água Superficial, Pressão Hídrica a montante e Pressão Hídrica a jusante. Sugere-se a plotagem dos dados de usuários de água subterrânea para análise apenas visual, sem ainda qualquer cálculo que integre à água superficial. O procedimento de solicitação do relatório de usuários de água foi alterado, feito através do preenchimento de um documento online disponibilizado nos sites da FEAM e SEAPA. Os dados elaborados pelo IGAM são entregues processados diminuindo consideravelmente o tempo de elaboração deste produto.	O método não foi alterado em relação à 3ª edição, apenas a nomenclatura que segundo o FEAM/SEAPA (2023, p. 2) “visando evitar que o termo seja confundido com outros utilizados na engenharia”.
<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Levantamento do Uso e Ocupação da terra</b>	
O método de uso e ocupação do solo é feito através de duas opções: vetorização manual e/ou automática	Não houve grandes mudanças em relação a primeira edição. O manual para vetorização automática foi modificado	O nome do método foi alterado seguindo o padrão utilizado pelo IBGE (2013). As imagens de satélite agora são obtidas	As mudanças em relação à edição anterior da metodologia se concentram

	<p>segmentada. Utiliza-se a imagem Landsat-8 de 30 metros de resolução. A edição possui um manual passo-a-passo bem robusto. Gera-se também as APPs de nascentes e cursos d'água.</p>	<p>utilizando a opção do QGIS. A imagem Landsat-8 agora deve ser composta com a banda <i>pan</i> para alcançar 15 metros de resolução. Há uma certa padronização das classes de uso e ocupação a serem utilizadas pelos estudos. Nesta edição é necessário elaborar um relatório de campo ponto-a-ponto, o qual deve ser anexado ao estudo final. O produto de APPs agora é chamado de APPs Hídricas que incluem: cursos d'água (em suas diferentes larguras), nascentes, veredas e reservatório de águas.</p>	<p>através de um script da plataforma Google Earth Engine (GEE), o qual faz a mediana de 6 meses de imagens. Com a disponibilização de dados melhores, a imagem Sentinel-2 de 10 metros de resolução é adotada como padrão. A padronização das classes de uso e ocupação da terra foi adaptada do Manual Técnico de Uso e Ocupação da terra do IBGE (2013), definindo cores padrões para cada classe, as quais foram divididas em 3 níveis (sendo obrigatório até o segundo). Esta edição conta com capítulos extras sobre a avaliação da acurácia do mapeamento, amostragem, matriz de erro, medidas de acurácia e valores de referência. Da mesma forma que a segunda edição, o trabalho de campo é obrigatório e deve ser relatado e anexado ao estudo final conforme modelo. Além das APPs levantadas na segunda edição, a terceira edição adiciona as APPs de declividade e de altitude.</p>	<p>na mediana das imagens que agora passa de 6 meses para 1 ano. O script automático na GEE agora gera imagens de NDVI e SRTM que auxiliam na elaboração de outros produtos.</p> <p>Foi adicionada uma nova classe de Uso e Ocupação da terra no nível I de classe em "5 – Outras Áreas", identificada como "5.3 – Afloramentos Rochosos" no nível 2 de subclasse.</p> <p>Algumas nomenclaturas foram pluralizadas.</p> <p>Não houve alterações em relação ao levantamento de APPs.</p>
	<b><i>Outros</i></b>	<b><i>Considerações Gerais</i></b>	<b><i>Resultados do ZAP</i></b>	<b><i>Resultados Finais do ZAP</i></b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bases oficiais eram acessadas pelo extinto Geosisemanet;</li> <li>- Todos os procedimentos foram feitos e exemplificados utilizando o software pago ArcGIS;</li> <li>- Não há um capítulo sobre a correlação dos produtos do ZAP.</li> </ul>	<p>As considerações gerais visam a correlacionar os produtos das três etapas principais do ZAP, fornecendo subsídios por meio da interpretação dos resultados obtidos pela aplicação do estudo.</p> <p>Ressalta os produtos de mapeamento das áreas conservadas e antropizadas (índice de conservação da bacia), das APPs hídricas conservadas e antropizadas (índice de APPs antropizadas), cálculo de concentração de nascentes e levantamento do conflito entre UPs e Uso e ocupação do solo (índice de uso conflitante).</p>	<p>Nome alterado na terceira edição, mas com as mesmas informações das considerações gerais da edição anterior. Há pequenas alterações de acordo com as modificações feitas nos três produtos principais do ZAP. O índice de concentração de nascentes agora possui um mapa.</p>	<p>Nomenclatura alterada para Resultados Finais do ZAP. O mapeamento do Conflito entre UPs e Uso e Ocupação da terra foi substituído pelo Conflito entre PUC e Uso e Ocupação da terra. Um novo produto neste capítulo foi inserido, nomeado como "Definição do Nível de Degradação de Pastagens" elaborado com o NDVI extraído do script que roda na GEE.</p>

<i>Outros</i>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bases oficiais eram acessadas em diversos geoportais. Não eram unidas apenas em um;</li> <li>- Esta edição possui um manual a parte bem detalhado para todos os métodos demonstrados na metodologia;</li> <li>- Há um capítulo específico sobre os produtos do ZAP o qual discorre sobre a padronização do relatório e base de dados SIG;</li> <li>- Os metadados dos arquivos SIG são obrigatórios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bases oficiais acessadas em um único geoportal, a IDE-Sisema;</li> <li>- Esta edição possui apenas um manual externo de uso e ocupação da terra;</li> <li>- Há um capítulo específico sobre a qualidade cartográfica dos produtos e suas padronizações;</li> <li>- Há um capítulo específico sobre os produtos do ZAP como o relatório, a base SIG e suas organizações mínimas seguindo padrão da IDE-Sisema;</li> <li>- Os metadados foram modificados para o novo modelo da IDE-Sisema, os quais também são obrigatórios nesta edição.</li> </ul> <p>O material se encontra mais enxuto, sendo o passo-a-passo dos métodos separados em Anexos, no entanto não se encontram completos, mas sim resumidos. Há atualizações no modelo de metadados e na base SIG, relacionadas aos novos produtos inseridos nessa edição.</p>

## APÊNDICE B – Formulário de pesquisa para aplicação de peso às variáveis selecionadas

### Definição de Áreas Prioritárias para Aplicação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP)

NA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO SUSTENTÁVEL

Olá!

Este formulário tem como objetivo identificar qual é o grau de importância de variáveis (pré-selecionadas pelo pesquisador) na definição de áreas prioritárias para aplicação da metodologia de Zoneamento Ambiental e Produtivo no Estado de Minas Gerais, visando especialmente a produção agropecuária sustentável.

**Sua participação, totalmente voluntária, é muito importante.** As respostas e informações aqui obtidas serão trabalhadas de modo agregado, com tratamento estatístico, mantendo-se total sigilo sobre a identidade das pessoas respondentes.

Responder esta pesquisa pode levar até 10 minutos, dependendo do grau de experiência em relação às variáveis levantadas e à temática geral do ZAP.

Para mais informações, por favor, leia o resumo abaixo.

---

**Título:** Definição de Áreas Prioritárias para Aplicação do Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) no Estado de Minas Gerais na Perspectiva do Desenvolvimento Agropecuário Sustentável

**Resumo:**

O Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) é uma metodologia oficial regulamentada por decreto pelo governo de Minas Gerais que, quando aplicada, tem como objetivo oferecer bases de dados geoespaciais com informações que caracterizam sub-bacias hidrográficas. O ZAP é um estudo que contempla um conjunto de métodos que visam à análise de demanda e oferta de água superficial, o levantamento do uso e ocupação da terra e o potencial de uso conservacionista de uma sub-bacia, sendo uma excelente ferramenta de gestão territorial. Os estudos de ZAP não são elaborados por entes públicos (salvo em casos específicos), sendo o Estado responsável apenas por sua regulamentação. No entanto, os proponentes podem submeter ao órgão público seu estudo de ZAP para análise e possível aprovação e disponibilização. Atualmente são vinte e duas publicações de ZAPs aprovadas. Com a aprovação dos estudos, o proponente encontra facilidade na obtenção de financiamentos para execução de ações de recuperação, preservação e conservação dos recursos ambientais, além de um canal de comunicação para resolução de conflitos hídricos e ambientais diretamente com os órgãos públicos. Contudo, não há, por parte dos entes públicos, um plano de aplicação de ZAPs, fazendo com que seja atualmente utilizado por demanda daqueles que conhecem a metodologia e suas possibilidades. Como forma de nortear a aplicação e o uso da metodologia, esta dissertação traz um estudo aplicado que pretende definir as áreas prioritárias para elaboração de ZAPs em todo o Estado de Minas Gerais, considerando seus objetivos principais e utilizando-se de variáveis que vem de encontro à utilização do ZAP para alcançar um cenário agrossilvopastoril sustentável. **Através de Sistemas de Informação Geográfica (técnicas de geoprocessamento que trabalham informações geoespaciais), tais variáveis geoespacializadas são baseadas nos métodos de análise dos estudos de ZAP: Oferta e Demanda de Recursos Hídricos, Potencial de Uso Conservacionista e Uso e Cobertura da terra, as quais são dispostas em uma grade hexagonal de dez mil hectares que cobre todo o Estado onde são atribuídos valores entre 0 e 1, sendo 1 a prioridade máxima para a informação de cada variável. Os valores são então somados para cada variável dentro de cada hexágono revelando o resultado das áreas prioritárias que são, então, sobrepostas à camada de bacias hidrográficas otocodificadas permitindo visualizar as prioritárias, independentemente do nível otto.** Espera-se que com este resultado haja um planejamento e uso mais efetivo da metodologia auxiliando na elaboração de políticas públicas que a utilizem em Minas Gerais.

**Pergunta Norteadora:** Quais são as áreas de maior potencial de conflito entre produção agropecuária e preservação do meio ambiente em bacias hidrográficas de Minas Gerais, quando avaliadas por meio da aplicação do instrumento de Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP)?

## Informações Básicas

Antes de começarmos, por favor, responda as questões abaixo.

Identificação Única

0011

Assinale abaixo a opção com a que você mais se identifica. \*

- Faço parte do Comitê Gestor do ZAP
- Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)
- Sou servidor público, mas não faço parte do Comitê Gestor do ZAP ou de um NEPZAP
- Sou estudante universitário
- Outros

Avalie seu conhecimento sobre a metodologia ZAP. \*



## Importância das Variáveis

Para definir as áreas prioritárias para elaboração de estudos de ZAP (pensando na aplicabilidade para áreas agropecuárias com objetivo de alcançar a sustentabilidade), foram selecionadas, pelo pesquisador, variáveis geoespacializadas afins. Estas variáveis são mostradas na tabela abaixo, juntamente com a forma de tratamento de cada.

Variável	Fonte	Tratamento em cada grid
Usuários de Água Superficial (por captação m <sup>3</sup> /s)	IGAM (2023)	Quantidade de captação de água superficial total por m <sup>3</sup> /s
Área de Conflito Hídrico Superficial	IGAM (2023)	Quantidade de pixels de área de conflito hídrico
Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)	GORGENS <i>et al.</i> (2021)	Quantidade de pixels de PUCs Alto e Muito Alto
Uso e Ocupação - Agropecuária	MapBiomas Coleção 8 (2022)	Quantidade de pixels de uso classificado como agropecuário
Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)	IDE-Sisema (2023)	Número de licenças ambientais emitidas pelo SLA
Fiscalizações Ambientais (2016-2023)	ICMBIO (2023)	Número de fiscalizações ambientais
Qualidade das Pastagens	LAPIG (2021)	Quantidade de pixels de pastagens com qualidade Severa e Intermediária
Desmatamento (2008-2021)	PRODES (2021)	Quantidade de pixels de desmatamento
Área de Recomposição de APP declarada no CAR	SICAR (Set/2023)	Quantidade de pixels de área de recomposição de APP declarada no CAR
Unidades de Conservação	IDE-Sisema (2023)	Quantidade de pixels de Unidades de Conservação
Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho	IDE-Sisema (2023)	Quantidade de pixels de área afetada/impactada
Número de Estabelecimentos Agropecuários (Censo Agro 2017)	IBGE (2017)	Número de estabelecimentos agropecuários

Cada variável terá seu valor incorporado aos 6083 hexágonos gerados que cobrem toda a extensão do Estado de Minas Gerais. Seus valores serão então somados e sofrerão o peso conforme informações coletadas deste formulário.

Contudo, para que o resultado não seja enviesado apenas pela experiência do pesquisador, esse formulário coletará informações de diversos atuantes da metodologia ZAP a fim de construir o melhor cenário com base nas variáveis pré-selecionadas. Adicionando uma importância prévia em cada variável utilizada, auxilia com que o resultado seja o mais próximo do objetivo da pesquisa e tenha o elemento humano participante da pesquisa.

Em sua experiência e pensando na pergunta da pesquisa, selecione a importância das variáveis abaixo, arrastando-as de modo que a primeira é a mais importante a última a menos importante. Ao arrastar a variável, as cores e as posições se alterarão automaticamente (as verdes no topo são as mais importantes). \*

Usuários de Água Superficial
Área de Conflito Hídrico Superficial
Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)
Uso e Ocupação - Agropecuária
Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)
Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)
Qualidade das Pastagens
Desmatamento (2008-2021)
Área de Recomposição de APP declarada no CAR
Unidades de Conservação
Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho
Número de Estabelecimentos Agropecuários

Utilize este campo, caso haja observações gerais, como por ex.: Inclusão de outras variáveis ou exclusão de alguma selecionada, sugestão de outros métodos estatísticos, entre outras observações.

Enviar

### **APÊNDICE C – Respostas ao formulário de pesquisa para aplicação de peso às variáveis selecionadas**

O formulário ficou em aberto entre os dias 28 de novembro e 28 de dezembro de 2023, totalizando um mês. As respostas foram divididas em quatro tabelas abaixo, para melhor visualização.

#### **Legenda:**

**Pergunta 1:** Assinale abaixo a opção com a que você mais se identifica.

**Pergunta 2:** Avalie seu conhecimento sobre a metodologia ZAP.

**Pergunta 3:** Em sua experiência e pensando na pergunta da pesquisa, selecione a importância das variáveis abaixo, arrastando-as de modo que a primeira é a mais importante a última a menos importante. Ao arrastar a variável, as cores e as posições se alterarão automaticamente (as verdes no topo são as mais importantes).

Para a pergunta 2, quanto maior o valor (em uma escala de 1 a 5), maior o conhecimento do participante (autodeclaratório).

Para a pergunta 3, as repostas foram organizadas em ordem de prioridade, sendo 1 a mais prioritária e 12 a menos prioritária.

<b>Identificação Única</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>
<b>Data de Envio</b>	22/12/2023	18/12/2023	15/12/2023	12/12/2023
<b>Pergunta 1</b>	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Sou estudante universitário
<b>Pergunta 2</b>	5	5	3	5
<b>Pergunta 3</b>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Usuários de Água Superficial</p> <p>3: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>4: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>5: Qualidade das Pastagens</p> <p>6: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>7: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>8: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>9: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>10: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>11: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>12: Unidades de Conservação</p>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Usuários de Água Superficial</p> <p>3: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>4: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>5: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>6: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>7: Unidades de Conservação</p> <p>8: Qualidade das Pastagens</p> <p>9: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>10: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>11: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>2: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>3: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>4: Unidades de Conservação</p> <p>5: Usuários de Água Superficial</p> <p>6: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>7: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>8: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>9: Qualidade das Pastagens</p> <p>10: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>11: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>12: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p>	<p>1: Usuários de Água Superficial</p> <p>2: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>3: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>4: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>5: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>6: Qualidade das Pastagens</p> <p>7: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>8: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>9: Unidades de Conservação</p> <p>10: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>11: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>

<b>Identificação Única</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>
<b>Data de Envio</b>	11/12/2023	05/12/2023	05/12/2023	05/12/2023
<b>Pergunta 1</b>	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)
<b>Pergunta 2</b>	3	4	5	4
<b>Pergunta 3</b>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>3: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>4: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>5: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>6: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>7: Usuários de Água Superficial</p> <p>8: Unidades de Conservação</p> <p>9: Qualidade das Pastagens</p> <p>10: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>11: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>3: Usuários de Água Superficial</p> <p>4: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>5: Unidades de Conservação</p> <p>6: Qualidade das Pastagens</p> <p>7: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>8: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>9: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>10: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>11: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>12: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p>	<p>1: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>2: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>3: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>4: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>5: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>6: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>7: Unidades de Conservação</p> <p>8: Qualidade das Pastagens</p> <p>9: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>10: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>11: Usuários de Água Superficial</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>2: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>3: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>4: Qualidade das Pastagens</p> <p>5: Unidades de Conservação</p> <p>6: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>7: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>8: Usuários de Água Superficial</p> <p>9: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>10: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>11: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>

<b>Identificação Única</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Data de Envio</b>	04/12/2023	01/12/2023	01/12/2023	29/11/2023
<b>Pergunta 1</b>	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Sou estudante universitário	Sou servidor público, mas não faço parte do Comitê Gestor do ZAP ou de um NEPZAP	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)
<b>Pergunta 2</b>	3	3	1	4
<b>Pergunta 3</b>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Usuários de Água Superficial</p> <p>3: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>4: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>5: Unidades de Conservação</p> <p>6: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>7: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>8: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>9: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>10: Qualidade das Pastagens</p> <p>11: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Qualidade das Pastagens</p> <p>3: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>4: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>5: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>6: Usuários de Água Superficial</p> <p>7: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>8: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>9: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>10: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>11: Unidades de Conservação</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Usuários de Água Superficial</p> <p>2: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>3: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>4: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>5: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>6: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>7: Qualidade das Pastagens</p> <p>8: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>9: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>10: Unidades de Conservação</p> <p>11: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>12: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>3: Qualidade das Pastagens</p> <p>4: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>5: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>6: Unidades de Conservação</p> <p>7: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>8: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>9: Usuários de Água Superficial</p> <p>10: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>11: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>12: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p>

<b>Identificação Única</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Data de Envio</b>	29/11/2023	29/11/2023	29/11/2023	29/11/2023
<b>Pergunta 1</b>	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Faço parte do Comitê Gestor do ZAP	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)	Faço parte de um Núcleo de Estudo e Pesquisa do Zoneamento Ambiental e Produtivo (NEPZAP)
<b>Pergunta 2</b>	4	4	5	4
<b>Pergunta 3</b>	<p>1: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>2: Usuários de Água Superficial</p> <p>3: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>4: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>5: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>6: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>7: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>8: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>9: Qualidade das Pastagens</p> <p>10: Unidades de Conservação</p> <p>11: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>12: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p>	<p>1: Usuários de Água Superficial</p> <p>2: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>3: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>4: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>5: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>6: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>7: Qualidade das Pastagens</p> <p>8: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>9: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>10: Unidades de Conservação</p> <p>11: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>12: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p>	<p>1: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>2: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>3: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>4: Unidades de Conservação</p> <p>5: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>6: Usuários de Água Superficial</p> <p>7: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>8: Qualidade das Pastagens</p> <p>9: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>10: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>11: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p> <p>12: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p>	<p>1: Usuários de Água Superficial</p> <p>2: Desmatamento (2008-2021)</p> <p>3: Área de Conflito Hídrico Superficial</p> <p>4: Potencial de Uso Conservacionista (Alto e Muito Alto)</p> <p>5: Uso e Ocupação - Agropecuária</p> <p>6: Licenças ambientais emitidas (Atividades Agrossilvipastoris)</p> <p>7: Fiscalizações Ambientais (Atividades Agrossilvipastoris, Recursos Hídricos, Fauna e Flora)</p> <p>8: Qualidade das Pastagens</p> <p>9: Área de Recomposição de APP declarada no CAR</p> <p>10: Unidades de Conservação</p> <p>11: Área afetada/impactada pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho</p> <p>12: Número de Estabelecimentos Agropecuários</p>

### APÊNDICE D – Prioridade de aplicação do ZAP por Circunscrição Hidrográfica

Posição	CH	Nome	Área (km²)	CBH	Plano Diretor	Enquadramento	Cobrança por Uso da Água	Entidade Vigente	Prioridade	Área Ponderada	Prioridade Ponderada
1	SF7	Rio Paracatu	41.475,22	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,4515	0,0707	0,031916023
2	PN3	Baixo rio Paranaíba	26.907,79	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir	0,5924	0,0459	0,027169357
3	SF9	Rio Pandeiros	32.094,91	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,3849	0,0547	0,021056519
4	SF10	Rio Verde Grande	26.407,70	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,4417	0,0450	0,019882985
5	PN1	Rio Dourados / Alto rio Paranaíba	22.252,54	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir	0,4727	0,0379	0,017927342
6	PN2	Rio Araguari	21.491,44	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2010	ABHA	0,4872	0,0366	0,017845197
7	SF5	Rio das Velhas	27.871,35	Sim	Revisado	Elaborado	Iniciada em 2010	Peixe Vivo	0,3681	0,0475	0,01748644
8	JQ3	Médio e Baixo rio Jequitinhonha	29.470,75	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,3459	0,0502	0,017373061
9	SF6	Rios Jequitai e Pacuí	24.820,23	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,4024	0,0423	0,017024466
10	GD8	Baixo rio Grande	18.673,90	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,5177	0,0318	0,016477285
11	DO4	Rio Suaçuí Grande	21.560,56	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,4165	0,0367	0,015305075
12	SF8	Rio Urucuia	25.039,57	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,3522	0,0427	0,015031396
13	DO1	Rio Piranga	17.926,60	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,4629	0,0306	0,014143398
14	GD3	Entorno do reservatório de Furnas	16.246,10	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Iniciada em 2022	A definir	0,4338	0,0277	0,012012518
15	SF4	Entorno da represa de Três Marias	18.600,89	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação	0,3636	0,0317	0,011528653
16	MU1	Rio Mucuri	14.582,55	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação	0,4426	0,0249	0,011000097
17	PS2	Rios Pomba e Muriaé	13.524,51	Sim	Revisado	A ser elaborado	Iniciada em 2014	AGEVAP	0,4720	0,0231	0,010880762
18	SF1	Alto rio São Francisco	14.156,18	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação	0,4328	0,0241	0,010442276
19	JQ2	Rio Araçuai	16.289,09	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,3448	0,0278	0,009573974
20	SF2	Rio Pará	12.223,94	Sim	Elaborado	Em revisão	Iniciada em 2017	Peixe Vivo	0,4487	0,0208	0,00934769
21	SF3	Rio Paraopeba	12.054,70	Sim	Elaborado	Em revisão	Iniciada em 2022	A definir	0,4118	0,0205	0,008460492
22	GD2	Rio das Mortes	10.557,04	Sim	Elaborado	Elaborado	Iniciada em 2022	A definir	0,4367	0,0180	0,007857223

23	PA1	Rio Pardo	12.746,87	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,3521	0,0217	0,007650311
24	JQ1	Alto rio Jequitinhonha	19.967,93	Sim	Elaborado	A ser complementado	Sem Informação	Sem Informação	0,2030	0,0340	0,006909375
25	GD7	Médio rio Grande	9.757,32	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4148	0,0166	0,006897936
26	DO6	Rio Manhuaçu	8.987,70	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,4376	0,0153	0,006703763
27	GD5	Rio Sapucaí	8.823,00	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4327	0,0150	0,006507078
28	DO3	Rio Santo Antônio	10.980,54	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,3336	0,0187	0,00624419
29	GD1	Alto rio Grande	8.757,99	Sim	Elaborado	Elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,3582	0,0149	0,005346928
30	DO5	Rio Caratinga	6.333,84	Sim	Em revisão	Em elaboração	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,4886	0,0108	0,005274672
31	GD4	Rio Verde	6.881,58	Sim	Elaborado	Elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4113	0,0117	0,004823995
32	GD6	Afluentes dos rios Mogi-Guaçu e Pardo	6.360,17	Sim	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4147	0,0108	0,0044955
33	SM1	Rio São Mateus	5.612,31	Sim	Elaborado	Em elaboração	Sem Informação	Sem Informação	0,4630	0,0096	0,004429136
34	PS1	Rios Preto e Paraibuna	7.192,57	Sim	Revisado	Elaborado	Iniciada em 2014	AGEVAP	0,3336	0,0123	0,004089136
35	DO2	Rio Piracicaba	5.462,49	Sim	Em revisão	Em revisão	Iniciada em 2012	AGEVAP	0,3293	0,0093	0,003066086
36	IN1	Rio Itanhém	1.517,69	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4362	0,0026	0,001128355
37	PJ1	Rios Piracicaba e Jaguari	1.153,71	Sim	Revisado	A ser elaborado	Iniciada em 2010	AGEVAP	0,4542	0,0020	0,000893221
38	IB1	Rio Itabapoana	661,78	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	AGEVAP	0,4238	0,0011	0,000477975
39	JU1	Rio Jucuruçu	710,39	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,3627	0,0012	0,000439193
40	BU1	Rio Buranhém	329,26	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,4859	0,0006	0,000272709
41	IU1	Rio Itaúnas	128,41	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,5421	0,0002	0,000118655
42	PE1	Rio Peruípe	83,31	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,5494	0,0001	7,80046E-05
43	IP1	Rio Itapemirim	32,63	Não	Elaborado	A ser elaborado	Sem Informação	Sem Informação	0,3329	0,0001	1,85107E-05

## **ANEXO A – Transcrição da Entrevista de Amarildo José Brumano Kalil**

“A criação da metodologia ZAP foi realizada na época do governo Dilma, dentro do Ministério da Integração. A Secretaria Nacional de Irrigação entrou com um projeto para fazer planos de vetores de agricultura irrigada para todo o Brasil, e na época, com articulação do Dr. Paulo Romano e o Secretário Nacional, colocaram Minas Gerais como projeto piloto do Plano Diretor de Agricultura Irrigada, se desenvolvendo por quase 1 ano através da consultoria do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. Foi apresentado, no final do período de desenvolvimento, um Plano Diretor de Agricultura Irrigada para Minas Gerais com ideia de se replicar para todo o Brasil.

Dentro das várias linhas de ação desse plano, o principal eixo seria: - ter como uma unidade de planejamento para os projetos de irrigação do estado, as bacias hidrográficas; sendo o primeiro grande diferencial por não ser linear, reconhecendo que cada região do estado tem suas características próprias. Portanto, cada território de agricultura irrigada deveria ter um estudo específico e assim definir para aquela bacia hidrográfica quais são as metas, objetivos e recursos naturais que poderiam ser utilizados, inclusive a água com foco na irrigação em função da dificuldade da compreensão da maioria da sociedade em relação ao uso intensivo da água que a agricultura irrigada faz. Contudo, a ideia seria planejar dentro de uma bacia hidrográfica aquele recurso, de forma que você consiga produzir alimento, com uso eficiente da água, sem prejudicar outros recursos da bacia.

Quando fomos fazer a implementação deste projeto, procuramos uma região com mais conflito pelo uso da água devido ao uso intensivo da irrigação. As regiões mais afetadas foram identificadas pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), sendo elas: o Triângulo Mineiro, o Alto Paranaíba, o Rio Grande e o Rio São Francisco.

Um dos desafios foi de definir o tamanho da bacia hidrográfica. Depois de muito estudo e simulações, chegamos à conclusão de que uma bacia hidrográfica de 100 mil hectares, seria uma bacia razoável, por ordem de grandeza, podendo ser 40, 50 ou 150 mil hectares, dependendo das características.

Quando demos continuidade do processo definindo o uso dos recursos, foi aí que veio a concepção do nome ZAP, junto com a SEMAD, SEAPA, EMBRAPA, Universidade Federal de Uberlândia e EPAMIG. A prioridade era definir como fazer um diagnóstico rápido de uma bacia, mas que ele fosse barato, rápido, e com maior precisão possível, para nos dar uma base

a fim de elaborar um plano de adequação socioeconômico ambiental de uma bacia hidrográfica, onde você iria identificar uma situação insustentável, e planejar para ela se tornar sustentável.

Diante disso, decidimos que seriam 3 eixos que iríamos avaliar dentro de uma bacia: um estudo da hidrologia (uso da água, outorgas e capacidade hídrica da bacia); uso do solo com foco na agricultura; e definição das unidades de paisagens dessa bacia. Cruzando essas três informações conseguiríamos elaborar um plano, identificando áreas mais críticas no uso dos recursos hídricos, diagnosticar os tipos de uso (irrigação, abastecimento, dessedentação, etc.) e as unidades de paisagem definem basicamente a resiliência ou a fragilidade dessas unidades, auxiliando na definição do tipo de uso e ocupação do solo pelo zoneamento.

A partir deste plano de adequação é possível também, como exemplo, deslocar a produção agropecuária ou outras atividades dentro daquela bacia para que ela saia de uma situação insustentável para uma situação sustentável. O ZAP tem uma característica de não só identificar todos esses itens, mas também quantificar, e cruzar uma informação com a outra de forma rápida e dinâmica usando basicamente o Google Earth (para visualização das informações produzidas).

Dessa história que nós começamos o trabalho com Maurício Fernandes, da EMATER-MG e com o professor Antônio Giacomini Ribeiro para definição da metodologia de Unidades de Paisagem; o Humberto junto com a equipe do IGAM trabalhou Hidrologia e Uso e Ocupação do Solo, com metodologias da Embrapa com suporte do Daniel Guimarães, sempre usando imagens de satélite gratuitas. A medida que as ferramentas e informações se aperfeiçoam, a metodologia se atualiza, mantendo-se sempre moderna.

Hoje percebemos que a ferramenta é capaz de muita coisa, ela pode ser utilizada na irrigação, mas também em qualquer outra atividade do Estado ou iniciativa privada. Aplicamos a metodologia às duas primeiras bacias piloto (nas regiões do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro): - Rio Claro; e - Ribeirão Santa Juliana; utilizadas para desenvolver e criar bases para a metodologia que seria aplicada. Com isso, foi disponibilizado o manual técnico detalhado na internet (gratuitamente) para quem quiser utilizar esta ferramenta, que, como dito anteriormente, se encontra em constante atualização.

No governo de Alberto Pinto Coelho ele elaborou um decreto considerando o ZAP como metodologia oficial do Estado (Decreto nº 46.650), portanto, ele pode ser utilizado pela SEMAD, SEAPA ou por qualquer órgão do Estado, como metodologia reconhecida e pública, podendo utilizar-se dessas informações para tomadas de decisões. Por conta disso, foi criado o

Comitê Gestor do ZAP com o objetivo de resguardar a qualidade da aplicação desta metodologia.

O ZAP tem ganhado destaque por ter muitas características favoráveis: ser barato, público, rápido, usar dados secundários oficiais e de fácil interlocução. Com essas características ele parece estar alinhado com as tecnologias modernas, porque você pode geoespacializar as informações produzidas, o que é um grande diferencial atualmente.

Por que devemos estruturar esse curso? Para que possamos, de fato, disseminar esse conhecimento para o maior número de pessoas possíveis, principalmente os técnicos, massificando o conhecimento, difundindo a metodologia e consolidando tanto o curso como o ZAP no Estado e no país”.



**Amarildo José Brumano Kalil**  
Secretário em Exercício (Abr. a Dez./2018)  
Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado de  
Minas Gerais (SEAPA)  
Texto adaptado da fala de Amarildo José Brumano Kalil  
(Entrevista 06/11/2018 – EMATER- MG)

## ANEXO B – Legenda do Mapa de Litologia

Agglomerado	Diatexito	Metadiabásio	Pegmatito
Álcali-feldspato granito	Diorito	Metadiamictito	Piroxenito
Anfibolito	Dolomito	Metadiorito	Quartzito
Anortosito	Dunito	Metagabro	Quartzito ferruginoso
Arcóseo	Enderbitito	Metagranito	Quartzito monzodiorito
Ardósia	Enderbitito gnáissico	Metagranitóide	Quartzito monzonito
Arenito	Filito	Metagranodiorito	Quartzito monzonito
Arenito arcoseano	Folhelho	Metagrauvaca	Rocha metavulcânica
Arenito conglomerático	Formação ferrífera bandada (BIF'S)	Metagrauvaca litica	Rocha calcissilicática
Argilito	Gabro	Metarenito	Rocha metamáfica
Argilito arenoso	Gnaisse	Metarenito arcoseano	Rocha metapelítica
Biotita gnaisse	Gnaisse granulítico	Metariolito	Rocha metaultramáfica
Biotita granito	Granito	Metasilito	Rocha vulcânica alcalina
Biotita xisto	Granito gnaisse	Metatonalito	Sericita filito carbonoso
Biotitito	Granitóide	Metavulcânica ultramáfica	Serpentinito
Calcarenito	Granodiorito	Mica quartzito	Sienito
Calcário	Granodiorito gnáissico	Migmatito	Sienogranito
Calcário dolomito	Granulito	Migmatito estromático	Siltito
Calcissilito	Itabirito	Monzodiorito	Tingualito
Carbonatito	Kinzigito	Monzogranito	Tonalito
Charnockito	Komatito	Monzonito	Trondhjemito
Clorita xisto	Laterita	Muscovita quartzito	Tufito
Conglomerado	Leucogranito	Nefelina sienito	Turmalinito
Dacito	Marga	Opálito	Ultramafito
Depósitos de areia	Metabasalto	Ortognaisse	Wehrlito
Depósitos de argila	Metabasito	Ortognaisse alcalino	Xisto
Diamictito	Metaconglomerado	Paragnaisse	Sem Informações