

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
(Área de Concentração: ANÁLISE AMBIENTAL)**

**O CARSTE SOB OS OLHARES DA SUPERFÍCIE:  
fragilidade, antropismo e planejamentos urbano e  
ambiental na região cárstica de Lagoa Santa - MG**

**Manuela Corrêa Pereira**

**Belo Horizonte  
Abril, 2018**

**Manuela Corrêa Pereira**

**O CARSTE SOB OS OLHARES DA SUPERFÍCIE:  
fragilidade, antropismo e planejamentos urbano e  
ambiental na região cárstica de Lagoa Santa - MG**

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

Área de Concentração: Análise Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Roberto Célio Valadão

**Belo Horizonte  
Abril, 2018**

P436c Pereira, Manuela Corrêa.  
2018 O Carste sob os olhares da superfície [manuscrito] : fragilidade, antropismo e planejamentos urbano e ambiental na região cárstica de Lagoa Santa - MG /Manuela Corrêa Pereira. – 2018.  
229 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Roberto Célio Valadão.  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2018.  
Área de concentração: Análise Ambiental.  
Bibliografia: f. 208-219.  
Inclui anexos.

1. Geomorfologia – Teses. 2. Carste – Lagoa Santa (MG) – Teses. 3. Planejamento urbano – Teses. 4. Política ambiental – Teses. I. Valadão, Roberto Célio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Geografia. III. Título.

CDU: 551.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



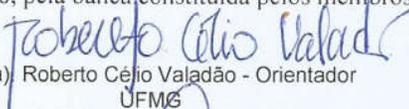
## FOLHA DE APROVAÇÃO

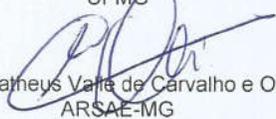
**O CARSTE SOB OS OLHARES DA SUPERFÍCIE: fragilidade, antropismo e planejamentos urbano e ambiental na região cárstica de Lagoa Santa - MG**

**MANUELA CORREA PEREIRA**

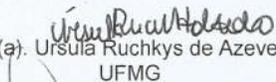
Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

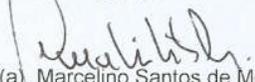
Aprovada em 23 de abril de 2018, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof(a) Roberto Célio Valadao - Orientador  
UFMG

  
Prof(a) Matheus Viana de Carvalho e Oliveira  
ARSAE-MG

  
Prof(a) Heloisa Soares de Moura Costa  
Universidade Federal de Minas Gerais

  
Prof(a) Ursula Ruchkys de Azevedo  
UFMG

  
Prof(a) Marcelino Santos de Morais  
UFVJM

Belo Horizonte, 23 de abril de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Em fevereiro de 2014, iniciou-se a jornada do meu doutoramento. Naquele momento, a caminhada aparentava ser longa, exaustiva e interminável. No entanto, pode-se dizer que, apesar de todo trabalho árduo e dedicação desprendidos, os caminhos pelos quais percorri foram prazerosos e repletos de trocas positivas. Apesar do percurso solitário, em vários momentos me deparei com pessoas e instituições, as quais me deram fôlego para chegar nesta reta final. Portanto, desde já expresso a minha gratidão a todos aquelas e aqueles que fizeram parte da minha vida nesse processo, assim como já adianto as minhas desculpas, caso tenha esquecido de algum nome nas próximas linhas.

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Soledade e Geraldo, por todo sacrifício que realizaram ao longo de suas vidas para que eu e minhas irmãs tivéssemos condições de escolher os caminhos que fossem coerentes com os nossos desejos. Em especial, agradeço à minha mãe Soledade, por todo seu amor incondicional e seu incentivo desmedido, os quais foram essenciais para a conclusão de mais esta etapa da minha vida. Agradeço aos meus irmãos Juliana, Fernanda e Cristiano (irmão-cunhado), que desde a infância estiveram ao meu lado me apoiando e me incentivando a ser a “nerd” da família.

Agradeço ao meu companheiro Luiz Antônio! O nosso encontro aconteceu no segundo ano de doutorado e, graças à nossa convivência diária, o percurso tornou-se muito mais agradável e repleto de trocas, as quais continuarão para além desta fase de doutoramento. Agradeço-lhe por toda orientação (no campo das ciências humanas e sociais aplicadas), paciência, carinho e companheirismo. Além disso, gostaria de ressaltar a minha admiração por seu profissionalismo como pesquisador e professor.

Agradeço ao meu orientador Roberto Célio Valadão, que, ao longo de todo o processo de pesquisa, incentivou-me a escolher os caminhos que condissessem com minhas afinidades como pesquisadora e pessoa. Toda essa liberdade e incentivo me possibilitaram transitar por diversos campos da geografia (geografia urbana, sensoriamento remoto, planejamento urbano-ambiental, políticas públicas ambientais, geomorfologia cárstica, dentre outros), fatores que tornaram minha trajetória acadêmica bastante satisfatória e autoral.

Agradeço às minhas queridas amigas e companheiras de doutorado, Cláudia e Evelyn, por compartilharem as alegrias e angústias e pela disponibilidade em me ajudar nas diversas técnicas contempladas na minha tese. Além disso, agradeço à Carmélia Ramos e ao Rodrigo Lemos por colaborarem com o grupo focal e por serem amigos queridos, sempre dispostos a contribuir.

Agradeço o apoio acadêmico e financeiro do “Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado a área piloto da APA Carste Lagoa Santa, Minas Gerais”, coordenado pela Professora Leila Nunes Velásquez, a qual contribuiu de forma significativa para o meu exame de qualificação, assim como agradeço o auxílio em campo das estagiárias Juliana Machado e Isabella Andrade. Ainda agradeço aos professores Jarbas Dias e Philippe Maillard por todo o apoio na etapa de sensoriamento remoto, bem como ao doutorando Rogério Tadeu pelas discussões sobre o carste.

Agradeço às instituições ARMBH, COPASA e ICMBIO por viabilizarem a realização do grupo focal, assim como aos atores da minha área de estudo que participaram deste encontro, os quais contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço ainda ao Matheus Valle e à Professora Heloísa Costa pelas valiosas contribuições ao longo do exame de Qualificação e da disciplina “Teorias e práticas do planejamento urbano-ambiental”. Também agradeço aos professores Úrsula Azevedo e Marcelino Moraes por contribuírem no desenho inicial do projeto de doutorado e por aceitarem o convite para compor a banca de defesa da minha tese.

Agradeço ao grupo “A casa das sete mulheres” (Cecília Gomes, Letícia Augusta, Fabiana Fabri, Simone Garabini, Leilane Sobrinho e Alessandra Vasconcelos) por todo apoio, seja através da disponibilidade de dados, através da leitura dos capítulos submetidos ao exame de qualificação ou através de uma boa conversa numa mesa de bar, conversas essas sempre prazerosas e divertidas! Em especial, agradeço à Alessandra Vasconcelos por todo o apoio e incentivo desprendidos antes e durante o meu Doutorado. Igualmente, agradeço às minhas queridas amigas, Joseane e Angélica, minhas companheiras de graduação, de pós graduação e de vida!

Agradeço aos meus queridos amigos do IEF e da consultoria (Paty, Cris, Ciça, Livia, Mari, Antoniel e Vânia) pelas ricas discussões sobre unidades de conservação e pelos encontros sempre prazerosos. Em especial, agradeço ao Rogério Tavares por contribuir na validação do mapa de uso do solo. Além disso, agradeço a todos os profissionais das prefeituras de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Prudente de Moraes e Funilândia pelo fornecimento de parte dos dados utilizados nesta pesquisa.

Agradeço às minhas “amigas das antigas” (Bru, Renata, Lila, Rafa, Mirella e Ju), que apesar da distância e da falta de tempo, sempre estiveram presentes no meu coração.

Por fim, agradeço a todos os profissionais e discentes do Instituto de Geociências, os quais têm me acompanhado desde a graduação e à FAMEMIG, pela bolsa de pesquisa que foi essencial para realização desta tese.

## RESUMO

As paisagens cársticas, em razão de suas particularidades naturais, revelam maior grau de fragilidade frente às atividades antrópicas caso sejam elas comparadas a paisagens outras cujo substrato geológico é composto por rochas não carbonáticas. Desse modo, espera-se que políticas públicas de caráter territorial e ambiental estabeleçam regulamentações que minimizem os impactos causados pelas atividades antrópicas em superfície. No entanto, tem-se como hipótese que a multiplicidade e desarticulação de instrumentos de planejamento podem se configurar um obstáculo para a gestão em áreas cársticas e para a proteção de sua paisagem. Para testar a referida hipótese, optou-se como área de investigação a região do carste de Lagoa Santa que, desde a década de 1980, tem sido impactada por efeitos decorrentes da intensificação das atividades antrópicas, bem como da emergência de instrumentos de proteção em função da fragilidade dos sistemas cársticos. Diante do exposto, o principal objetivo deste trabalho está voltado para compreender em que medida os instrumentos de planejamento urbano e ambiental são utilizados para controlar e regular as atividades antrópicas em função das fragilidades naturais do carste e como seus gestores lidam com tais instrumentos. Para tanto, foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos: (i) *Pesquisa Bibliográfica* - referente às temáticas: vulnerabilidade dos sistemas cársticos, pressões antrópicas causadas a esses sistemas e planejamento urbano e ambiental; (ii) *Pesquisa Documental* - acerca dos instrumentos de planejamento urbano e ambiental no Brasil e na região do carste de Lagoa Santa; (iii) *Caracterização das Pressões Antrópicas* - mapeamento e caracterização da evolução espaço-temporal das pressões antrópicas na área investigada; (iv) *Grupo Focal* - análise de conteúdo das falas dos profissionais que lidam com as gestões territorial e ambiental na área de estudo; e (v) *Análise Final* - através dos resultados das abordagens anteriores, busca-se estabelecer um diálogo entre as quatro dimensões desta pesquisa: pressões antrópicas, fragilidade dos sistemas cársticos diante dessas pressões, instrumentos de planejamento urbano e ambiental elaborados para controlar as pressões antrópicas em áreas cársticas, e como os gestores lidam com tais instrumentos. A partir dos resultados, constatou-se que a multiplicidade de instrumentos consiste num obstáculo para as diversas escalas de gestão da área de estudo. Entretanto, a desarticulação entre tais instrumentos é proveniente de uma negligência das diretrizes dos instrumentos de caráter mais conservacionistas, os quais têm sido criados, desde a década de 1980, para compensar impactos causados pela expansão urbana de RMBH. Pode-se concluir que se caminha para uma integração dos instrumentos de planejamento, a qual pode otimizar a gestão territorial da área de estudo. Possivelmente, no entanto, aspectos da proteção do carste serão suprimidos, o que poderá acarretar cenário de graves problemas ambientais no futuro.

**Palavras chave:** APA carste de Lagoa Santa, carste, planejamento ambiental, planejamento urbano, pressões antrópicas.

## ABSTRACT

Karst landscapes, because of its natural characteristics, are more vulnerable to anthropogenic activities when compared to other landscapes whose geological substrate is composed of non carbonate rocks. In this context, it is expected that public policies of territorial and environmental character set regulations that minimize the impacts of human activities on surface. However, it has been hypothesized that the multiplicity and the disarticulation of planning tools is an obstacle to the management in karst areas and for the protection of this landscape. To test that hypothesis, it was chosen as a research area the Lagoa Santa karst region, which since the 1980s faces the intensification of human activities, as well as the increase of environmental regulations. Therefore, this thesis aims to understand how the environmental and urban planning are used to control and regulate human activities and how managers deal with such instruments. Then, the following methodological procedures were adopted: (i) Bibliographic Research - themes: vulnerability of karst systems and environmental and urban planning; (ii) Documental Research - related to topics: Brazil's an Lagoa Santa karst region's urban, hydric resources and environmental planning; (iii) Characterization of Anthropogenic Pressures - mapping and characterization of spatiotemporal evolution of human pressures in the investigated area; (iv) Focal Group - analysis of interviews with professionals who deal with study area's territorial and environmental managements; and (v) Final Analysis - by the results of previous approaches, it was proposed to establish a dialogue between the four dimensions of this research: human pressures, fragility of karst systems, instruments for territorial and environmental management designed to control anthropic pressures in karst areas, and how

managers deal with such instruments. From the results, it was verified that the instruments multiplicity of instruments is an obstacle to the various management scales of the study area. However, the reason of the disarticulation between these instruments is the negligence of the most conservationist instruments' guidelines. It can be concluded that it is moving towards an integration of the planning instruments, which can optimize study area's territorial management. However, possibly aspects of karst protection will be suppressed, allowing serious environmental problems in the karst landscape.

**Key words:** Lagoa Santa's protected area, karst, environmental planning, urban planning and anthropic pressures.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**ABAS** - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas  
**ABRH** - Associação Brasileira de Recursos Hídricos  
**AC** – Análise de Conteúdo  
**ANA** - Agência Nacional de Águas  
**APA** – Área de Proteção Ambiental  
**APE** – Área de Proteção Especial  
**ARMBH** - Agência da Região Metropolitana de Belo Horizonte  
**CBH Rio das Velhas** - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas  
**CECAV** - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas  
**CETEC** - Centro de Inovação e Tecnologia  
**CF** - Constituição Federal  
**CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
**CODEVASF** - Companhia Desenvolvimento Vale São Francisco  
**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
**COPAM** - Conselho Estadual de Política Ambiental  
**COPASA** - Companhia de Saneamento de Minas Gerais  
**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
**EIA** – Estudo de Impacto Ambiental  
**EMATER** - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais  
**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
**ETE** – Estação de tratamento de esgoto  
**H-MZAC** - Macrozona de Atividades Complementares  
**H-MZIL** - Macrozona de Indústria e Logística  
**IBAMA** - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística  
**ICMBIO** - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
**IEF/MG** - Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais  
**IGAM** - Instituto Mineiro de Gestão das Águas  
**IN** - Instrução Normativa  
**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial  
**IPHAN** - Patrimônio Histórico e Artístico Nacional  
**LI** - Licença de Instalação  
**LO** - Licença de Operação

**LOC** - Licença de Operação Corretiva  
**LP** - Licença Prévia  
**MG** – Minas Gerais  
**MMA** – Ministério do Meio Ambiente  
**MNE** – Monumento Natural Estadual  
**PBH** - Planos de Bacia Hidrográfica  
**PD** - Plano Diretor  
**PDDI** - Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH  
**PDI** - Processamento Digital de Imagens  
**PE** – Parque Estadual  
**PESU** – Parque Estadual do Sumidouro  
**PM** - Plano de Manejo  
**PNRH** - Plano Nacional de Recursos Hídricos  
**RCA** - Relatório de Controle Ambiental  
**REVLO** - Revalidação de Licença de Operação  
**RIMA** – Relatório de Impacto Ambiental  
**RMBH** – Região Metropolitana de Belo Horizonte  
**SAP** – Sistema de Áreas Protegidas  
**SCP** - Semi-Automatic Classification Plugin  
**SEDRU** – Secretaria de Desenvolvimento Regional e Política Urbana  
**SEMA** - Secretaria Especial de Meio Ambiente  
**SEMAD** - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
**SIAM** - Sistema Integrado de Informação Ambiental.  
**SNUC** - Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
**SUPRAM** - Superintendências Regionais de Meio Ambiente  
**UC** – Unidade de Conservação  
**UFMG** - Universidade Federal de Minas Gerais  
**UNESCO** - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura  
**USGS** - United States Geological Survey  
**UTC** - Usina de Triagem e Compostagem  
**UTE** - Carste - Unidade Territorial Estratégica do Carste  
**ZAE** - Zona de Atividades Econômicas  
**ZAP** - Zona de Adensamento Preferencial  
**ZAR** - Zona de Adensamento Restrito  
**ZC** - Zona Central  
**ZCA** - Zona Consolidada Adensada  
**ZCDA** - Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola

**ZCDUI** - Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial  
**ZCEAM** - Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano  
**ZCPD** - Zona de Conservação do Planalto das Dolinas  
**ZDEM-REQ** - Zona de Diretrizes Especiais Metropolitanas de Requalificação  
**ZDEM-ZIL** - Zona de Diretrizes Especiais Metropolitanas de Indústria e Logísticas  
**ZEE** - Zoneamento Ecológico Econômico  
**ZEIS** - Zona Especial de Interesse Social  
**ZEP** - Zona Econômica de Porte  
**ZEU** - Zona Urbana de Expansão  
**ZEU** - industrial - Zona de expansão urbana industrial  
**ZIC** - Zona de Interesse Cultural  
**ZIF** - Zona de Interesse Federal  
**ZIM** - Zonas de Interesse Metropolitano  
**ZPA** - Zona de Proteção Ambiental  
**ZPA-IT** - Zona de Proteção Ambiental Integral  
**ZPA-SI** - Zona de Proteção Ambiental Sustentável I  
**ZPPC** - Zona de Proteção do Patrimônio Cultural  
**ZPPNC** - Zona de Proteção das Paisagens Naturais do Carste  
**ZR** - Zona Rural  
**ZU** - Zona Urbana  
**ZUC** - Zona Urbana de uso Predominantemente Comercial  
**ZUE** - Zona Urbana Especial  
**ZUI** - Zona Urbana Industrial  
**ZUITC** - Zona Urbana de Interesse Turístico e Cultural  
**ZUM** - Zona Urbana de Uso Misto  
**ZUPE** - Zona de projetos especiais  
**ZUS** - Zona de Uso Sustentável

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** Organização das diferentes formas de abordagem metodológica da pesquisa. 11
- Figura 1.2:** Programação da Oficina técnica realizada em 06 de julho de 2017, na Cidade Administrativa de Minas Gerais. Observa-se que o turno da manhã foi reservado para a apresentação das instituições envolvidas, momento no qual também ocorreu um debate inicial. Já no turno tarde, os participantes foram divididos em dois grupos, quando se aplicou de modo adaptado a técnica do grupo focal, baseado em questões norteadoras que fomentaram e aprofundaram o debate inicial. .... 26
- Figura 1.3:** Roteiro utilizado pelos mediadores dos dois Grupos Focais. Observam-se as três questões que nortearam o debate, as quais estão diretamente relacionadas com as quatro dimensões abordadas durante a pesquisa: fragilidades dos sistemas cársticos, atividades antrópicas, instrumentos para as gestões territorial e ambiental, e práticas de gestão dos profissionais que lidam com esses instrumentos. .... 27
- Figura 1.4:** Questionário aplicado aos participantes da Oficina Técnica, realizada em 06 de julho de 2017. .... 28
- Figura 2.1:** Distribuição das rochas carbonáticas ao longo da superfície terrestre. A seta vermelha indica o Planalto Carso localizado entre as fronteiras da Itália, Croácia e Eslovênia. .... 32
- Figura 2.2:** (a) Porosidade intergranular ou primária de uma rocha calcária observada através de microscópio e; (b) Juntas e planos de acamamento de uma rocha calcária (porosidade secundária). .... 35
- Figura 2.3:** (a) Área de recarga alóctone ou halogênica, situada à montante da área cárstica e composta por litologias pouco permeáveis; (b) Área de recarga autóctone ou autogênica, que é representada por paisagens típicas do carste; (c) Infiltração pontual/concentrada, na qual a água superficial é infiltrada através de sumidouros; (d) Infiltração difusa, na qual a água é infiltrada através do solo e zonas não saturadas; (e) Surgência..... 36
- Figura 2.4:** Complexidade de uma paisagem cárstica, onde visualizam-se feições exocársticas (sumidouro, dolina e surgência) que são a porta de entrada (recarga pontual) ou saída (descarga) dos contaminantes provenientes das atividades antrópicas (agrotóxicos, lixo, resíduos, gasolina, captação de água subterrânea e aterro) que, através dessas feições, atingem o endocarste (composto por cavernas, condutos e rios subterrâneos), comprometendo a qualidade das águas subterrâneas..... 37
- Figura 2.5:** Perfil esquemático que ilustra a interação entre o exocarste, o epicarste e o endocarste..... 38
- Figura 2.6:** Entrada da Gruta da Lapinha, caverna turística localizada no Parque Estadual do Sumidouro. .... 39
- Figura 2.7:** Cavernas cársticas ou de dissolução desenvolvidas no maciço do Monumento Natural Estadual Lapa Vermelha – Pedro Leopoldo/MG..... 41

<b>Figura 2.8:</b> (a) Lagoa dos Mares, depressão cárstica que se assemelha ao formato de uma uvala; (b) Dolina de dissolução localizada na área rural de Matozinhos/MG.....	43
<b>Figura 2.9:</b> Sumidouro presente num maciço localizado no interior do Parque Estadual do Sumidouro - Pedro Leopoldo/MG.....	44
<b>Figura 2.10:</b> Relação entre atividades humanas, efeitos e impactos no carste, elucidados por Ford e Williams (2007) e traduzido por Hardt (2008). ....	46
<b>Figura 2.11:</b> Feição cárstica denominada “stone teeth”. Esta feição aflorou no solo após processos erosivos que se tornaram mais intensos devido ao desmatamento nos planaltos de Papuá Nova Guiné.....	48
<b>Figura 2.12:</b> Pastagem próxima a um maciço que contém feições cársticas, inclusive cavernas – Matozinhos/MG .....	50
<b>Figura 2.13:</b> Dolina cárstica induzida por vazamento em tubulação subterrânea no ano de 2009 - Dzerzhinsk/Rússia. Fonte: Tolmachev e Leonenko (2011). ....	51
<b>Figura 2.14:</b> Impactos da mineração nos sistemas cársticos: (a) fluxo subterrâneo, antes das explosões provenientes das atividades minerárias – destacam-se as surgências ou “karst springs” na porção esquerda da figura; e (b) mudança drástica do fluxo subterrâneo após explosões provenientes das atividades minerárias que implicaram num entupimento dos condutos cársticos e, conseqüentemente, no padrão de drenagem subterrâneo – destacam-se as surgências ou “karst springs” que agora emergem na porção direita da figura. ....	53
<b>Figura 2.15:</b> Localização e acesso à área de estudo, a qual se insere no contexto metropolitano de Belo Horizonte.....	55
<b>Figura 2.16:</b> Delimitação de unidades hidrográficas da área de estudo. Observe que essas unidades são limitadas a oeste pelo Ribeirão da Mata e a leste pelo Rio das Velhas.....	57
<b>Figura 2.17:</b> Mapa geológico da área de estudo, no qual é possível visualizar a incipiência de drenagens superficiais, a densidade de áreas de recarga pontual e as falhas nas rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa (em rosa). ....	60
<b>Figura 2.18:</b> Potencial de dispersão de contaminantes na APA carste de Lagoa Santa. Observa-se que as áreas que apresentam alto potencial de dispersão de contaminantes correspondem aos calcários do Membro Lagoa Santa e às planícies do Ribeirão da Mata e do Rio das Velhas.....	61
<b>Figura 2.19:</b> Vulnerabilidade do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa. O polígono da figura corresponde à área de estudo desta pesquisa, portanto, não se obteve informações acerca da vulnerabilidade do aquífero nas áreas em cinza, as quais ultrapassam os limites da referida UC. ....	64
<b>Figura 2.20:</b> Áreas de alta vulnerabilidade geotécnica na APA Carste de Lagoa Santa.....	65
<b>Figura 2.21:</b> Vulnerabilidade intrínseca da APA Carste de Lagoa Santa, estabelecida segundo método COP. Observa-se que as áreas com o grau muito alto de vulnerabilidade (em vermelho), correspondem às áreas de recarga pontual, tais como dolinas, uvalas, sumidouros e afloramentos.....	67

<b>Figura 3.22:</b> Áreas com potencial de ocorrência de impactos inerentes a paisagens cársticas: propensão a ocorrência de colapsos e vulnerabilidade dos aquíferos.....	69
<b>Figura 3.1:</b> Paisagem cárstica no vetor norte da RMBH que revela uso do solo predominante pela agropecuária, entrecortada por uma ferrovia e estradas vicinais, fator que impulsiona a expansão do tecido urbano. ....	72
<b>Figura 3.2:</b> Crescimento populacional dos municípios e distritos localizados na área de estudo.....	77
<b>Figura 3.3:</b> Evolução espaço-temporal do uso do solo na área de estudo, segundo a evolução das classes água, agropecuária, área desnuda e outros usos, cobertura vegetal e eucalipto. ....	79
<b>Figura 3.4:</b> Evolução e adensamento da mancha urbana representada pela classe “área desnuda e outros usos” no entorno da Lagoa Central de Lagoa Santa.....	82
<b>Figura 3.5:</b> Evolução do adensamento da mancha urbana representada pela classe “área desnuda e outros usos” na porção oeste da área investigada, a qual abrange parcela dos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos.....	82
<b>Figura 3.6:</b> Imagem panorâmica da rodovia MG10 e adjacências, parte integrante da Linha Verde, projeto de mobilidade urbana criado em 2005.....	83
<b>Figura 3.7:</b> Foto aérea que destaca a ocorrência do cultivo de eucalipto nas proximidades do limite da UC Cauaia, parte integrante do Sistema de Áreas Protegidas do vetor norte da RMBH.....	85
<b>Figura 3.8:</b> Uso agropecuário no entorno de duas depressões na área de estudo.....	86
<b>Figura 3.9:</b> Mineração e beneficiamento do calcário na área de estudo.....	92
<b>Figura 3.10:</b> Distribuição espacial dos empreendimentos na área de estudo. Observe que os municípios localizados na porção meridional (vetor de expansão norte da RMBH), comparados aos municípios de Prudente de Moraes e Funilândia, apresentam maior densidade de atividades potencialmente poluidoras e degradadoras. ....	93
<b>Figura 3.11:</b> Obras de expansão do Aeroporto Internacional Presidente Tancredo Neves, as quais se revelam potencialmente motivadoras de instalação de novas atividades econômicas em seu entorno. ....	94
<b>Figura 3.12:</b> Localização das ETEs, aterros, UTC e entreposto nos municípios que integram a APA Carste de Lagoa Santa. ....	96
<b>Figura 3.13:</b> Estação de tratamento de esgoto da COPASA no município de Funilândia. (A) reator anaeróbico, (B) filtragem e (C) secagem de lodo.....	97
<b>Figura 3.14:</b> Aterro sanitário do município de Funilândia em operação precária, localizado no interior da área de estudo. ....	100
<b>Figura 3.15:</b> Funcionários da Usina de triagem e compostagem (UTC) localizada no município de Prudente de Moraes.....	102

<b>Figura 3.16:</b> (A) Lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Matozinhos; (B) Aterro controlado de Matozinhos, que ainda não se encontra em operação.....	104
<b>Figura 3.17:</b> Uso do solo e empreendimentos nas áreas mais vulneráveis do sistema cárstico de Lagoa Santa. ....	114
<b>Figura 4.1:</b> Relação dos instrumentos para a gestão territorial (em verde) e para a gestão ambiental (em vermelho) com suas respectivas políticas de origem (em cinza). ....	120
<b>Figura 4.2:</b> Hierarquia entre políticas, planos, programas e projetos.....	122
<b>Figura 4.3:</b> Etapas para a elaboração dos estudos ambientais .....	147
<b>Figura 4.4:</b> Chave de classificação do grau de relevância (alto, médio e baixo) das cavidades naturais subterrâneas. ....	153
<b>Figura 5.1:</b> Relação entre os instrumentos de planejamento da área de estudo e o peso atribuído pelos gestores/atores à utilização destes instrumentos para tomada de decisão. Observa-se que as leis municipais de uso e ocupação do solo e o zoneamento da APA Carste Lagoa Santa são os instrumentos que obtiveram maior peso (70), seguido pelo plano de manejo de UCs estaduais (61). Ressalta-se que 18 questionários foram respondidos e que o peso máximo atribuído a um instrumento seria 5, logo o valor máximo da soma dos pesos é 90. ....	165
<b>Figura 5.2:</b> Representação das zonas ambientais que compõem a APA Carste de Lagoa Santa.....	165
<b>Figura 5.3:</b> O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas depressões/dolinas) e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto) nos municípios de Funilândia e Prudente de Moraes, no ano 1985. O segundo mapa ilustra a evolução do uso do solo, sobretudo a predominância do uso agropecuário que pressiona as áreas mais vulneráveis da paisagem em questão, no ano de 2016. Além disso, observa-se uma multiplicidade de instrumentos no referido ano. ....	169
<b>Figura 5.4:</b> Sobreposição dos limites da APE Aeroporto, da APA adotados em estudos técnicos antes e depois de 2016 e da área de estudo, segundo delimitação de microbacias efetivada nesta pesquisa. ....	170
<b>Figura 5.5:</b> Maciço calcário localizado no interior da Fazenda Escrivânia e próximo aos limites do SAP Escrivânia, cuja funcionalidade hidrogeológica é de recarga do carste.....	171
<b>Figura 5.6:</b> Imagem de satélite de 2017, disponível no Google Earth, que representa o distrito de São Bento/Funilândia, localizado na ZPPNC.....	172
<b>Figura 5.7:</b> O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas dolinas) e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto) no município de Matozinhos no ano 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não foram eficientes em controlar o uso do solo mapeado no ano de 2016.....	175
<b>Figura 5.8:</b> Foto do distrito de Mocambeiro, localizado em área de alta fragilidade cárstica. Este distrito tem sido alvo de parcelamentos irregulares que contradizem com as condições	

normatizadas na Lei de Uso Ocupação do solo municipal e com o zoneamento da APA carste de Lagoa Santa..... 176

**Figura 5.9:** Plantios de eucalipto próximos aos limites leste do SAP Cauaia e no interior da ZPPC da APA Carste de Lagoa Santa..... 178

**Figura 5.10:** Cultivo de eucalipto na porção nordeste do município de Matozinhos que abrange a ZPPC e ZCDA da APA Carste de Lagoa Santa. .... 179

**Figura 5.11:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas dolinas) e os únicos instrumentos de planejamento (APE Aeroporto e PE do Sumidouro) no município de Pedro Leopoldo em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não foram eficientes em controlar o uso do solo vigente em 2016. .... 181

**Figura 5.12:** Lagoa de Santo Antônio, um dos distritos mais densamente urbanizado da APA carste de Lagoa Santa. Neste distrito há uma lagoa homônima que tem sido contaminada pela disposição inadequada do esgotamento sanitário..... 182

**Figura 5.13:** Em primeiro plano, plantação de cana; em segundo plano maciço calcário, ambos localizados no MNE do Baú. Apesar de ser uma UC de proteção integral, os Monumentos Naturais admitem terras privadas em seu interior, um desafio para gestão, já que os usos nem sempre são compatíveis com os objetivos da UC. .... 183

**Figura 5.14:** Fidalgo, distrito de Pedro Leopoldo, que carece de uma disposição adequada de seu esgotamento sanitário domiciliar. .... 184

**Figura 5.15:** Imagem de satélite da Lagoa Central da sede municipal de Lagoa Santa. Observe o adensamento urbano no entorno da lagoa, parte integrante da ZIC (Zona de Interesse Cultural). Esta zona permite o adensamento multifamiliar vertical, o que aumenta as pressões sobre o território, os recursos hídricos e o tratamento do esgotamento sanitário. Em 2015 foi registrada a ocorrência de abatimentos no entorno da lagoa, cuja origem pode estar vinculada à crescente pressão antrópica. .... 186

**Figura 5.16:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste e os únicos instrumentos de planejamento (APE Aeroporto e PE do Sumidouro) no município de Lagoa Santa, em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não se revelaram eficientes quanto ao controle do uso e ocupação do solo em 2016..... 187

**Figura 5.17:** Obras de expansão do Aeroporto Tancredo Neves instalado nos municípios de Confins e Lagoa Santa. A ZIF foi criada em função das atividades aeroportuárias, entretanto, há possibilidade de conflito desta zona com a ZCEAM e áreas mais vulneráveis do carste ao admitir empreendimentos de classe superior a 2. .... 189

**Figura 5.18:** Lagoa do Sumidouro localizada no Parque Estadual do Sumidouro, UC que registrou sensível conversão do uso agropecuário para o uso “coberta Vegetal”..... 190

**Figura 5.19:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto no município de Confins) em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais se revelaram ineficientes no controle do uso do solo mapeado em 2016..... 193

**Figura 5.20:** Foto aérea que mostra a posição do perímetro urbano de Confins em relação ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves..... 194

**Figura 5.21:** Zonas municipais e as macrozonas do PDDI em que vigora conflito com o zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa ou com as UCs estaduais. Observe que o mapa ainda representa as áreas de alta fragilidade do carste (vulnerabilidade do aquífero e propensão a ocorrência de colapsos) e as principais pressões abordadas pelo grupo focal.  
..... 199

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.1:</b> Quadro síntese do desenho metodológico da pesquisa. ....	10
<b>Quadro 1.2:</b> Informações técnicas sobre as imagens utilizadas para análise temporal. ....	15
<b>Quadro 1.3:</b> Relação entre o ano da imagem e a fonte dos pontos de controle. ....	17
<b>Quadro 1.4:</b> Relação entre os principais instrumentos analisados, ano do instrumento e o ano da imagem utilizada para o mapeamento do uso do solo. ....	18
<b>Quadro 1.5:</b> Relação entre os anos de intervenções ambientais na área de estudo, das imagens Landsat e dos dados de população. ....	20
<b>Quadro 2.1:</b> Critérios estabelecidos por CPRM (1998a) na definição do grau de vulnerabilidade do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa. ....	63
<b>Quadro 3.1:</b> Síntese das pressões, por município, abordadas pelos atores que ao longo do grupo focal. ....	115
<b>Quadro 4.1:</b> Relação entre os instrumentos de gestões territorial e ambiental, medidas protetivas inerentes ao manejo em áreas cársticas, e principais normas jurídicas. ....	158
<b>Quadro 5.1:</b> Grau de permissividade das zonas municipais em função de seus parâmetros urbanísticos. ....	173
<b>Quadro 5.2:</b> Zonas conflitantes com a APA Carste de Lagoa Santa, com as UCs estaduais e com as áreas de alta ou muita alta vulnerabilidade do carste. ....	197

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1:</b> Desempenho da classificação supervisionada.....	19
<b>Tabela 3.1:</b> Taxa percentual de crescimento populacional dos municípios da área de estudo no período 1980-2016.....	76
<b>Tabela 3.2:</b> Taxa percentual de crescimento populacional (entre os anos de 1991 e 2010) dos distritos integralmente situados na área de estudo.....	78
<b>Tabela 3.3:</b> Evolução temporal (1983 a 2016) do número de atividades com potencial poluidor por classe de uso nos municípios da área de estudo. ....	88

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 3.1:** Crescimento populacional dos municípios que integram a área de estudo..... 76
- Gráfico 3.2:** Crescimento populacional dos distritos localizados na área de estudo..... 77
- Gráfico 3.3:** Proporção do uso do solo na APA Carste de Lagoa Santa para os anos 1985, 1990, 1999, 2007, 2010 e 2016. .... 80
- Gráfico 3.4:** Evolução em hectares dos usos das classes “agropecuária”, “área desnuda e outros usos”, “cobertura vegetal” e “eucalipto”, nos anos de 1985, 1990, 1999, 2007 e 2016. .... 86
- Gráfico 3.5:** Proporção da tipologia das atividades com potencial poluidor e degradador para cada intervalo temporal analisado nos municípios da área de estudo (1983-1990, 1991-1999, 2000-2007, 2008-2016)..... 89
- Gráfico 3.6:** Evolução temporal do número de atividades com potencial poluidor e degradador que obtiveram a licença de operação e/ou estão em análise técnica..... 90
- Gráfico 3.7:** Percentual das atividades com potencial poluidor e degradador no período 2005-2016. .... 91
- Gráfico 3.8:** Classificação das atividades conforme seu potencial poluidor e degradador para o período de 2005 a 2016 (classe 3: pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor; classe 4: Grande porte e pequeno potencial poluidor; classe 5: Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor; e classe 6: Grande porte e grande potencial poluidor). .... 92
- Gráfico 3.9:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário no município de Funilândia (1991, 2000, 2010, 2016). .... 98
- Gráfico 3.10:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Funilândia..... 99
- Gráfico 3.11:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Prudente de Moraes. .... 101
- Gráfico 3.12:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Funilândia..... 102
- Gráfico 3.13:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Matozinhos. .... 104

<b>Gráfico 3.14:</b> Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Matozinhos. ....	105
<b>Gráfico 3.15:</b> Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Pedro Leopoldo. ....	106
<b>Gráfico 3.16:</b> Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Pedro Leopoldo. ....	107
<b>Gráfico 3.17:</b> Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Lagoa Santa. ....	108
<b>Gráfico 3.18:</b> Evolução do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Lagoa Santa. ....	109
<b>Gráfico 3.19:</b> Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Confins. ....	110
<b>Gráfico 3.20:</b> Evolução do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016. ....	110
<b>Gráfico 3.21:</b> Visão dos atores quanto a tipologia de pressão com maior intensidade na sua área de atuação e geradora de problemas ambientais. Este gráfico foi elaborado a partir da soma dos pesos (1 a 5) considerados por cada ator no questionário aplicado antes do início do grupo focal, ou seja, quanto mais intensa a pressão, maior o peso e maior o valor no eixo y. ....	113

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 01</b>	
<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>9</b>
<b>1.1) PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: APROXIMAÇÃO COM A LITERATURA REFERENTE AOS SISTEMAS CÁRSTICOS, ÀS ATIVIDADES ANTRÓPICAS QUE IMPACTAM ESTES SISTEMAS E ÀS REFERÊNCIAS INERENTES À ECOLOGIA POLÍTICA E AOS PLANEJAMENTOS URBANO E AMBIENTAL</b>	<b>11</b>
<b>1.2) PESQUISA DOCUMENTAL: ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL NO BRASIL E NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA</b>	<b>13</b>
<b>1.3) CARACTERIZAÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS: EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO DO SOLO NA REGIÃO DO CARTE DE LAGOA SANTA (1980-2017)</b>	<b>14</b>
1.3.1) Evolução do uso do solo	14
1.3.2) Evolução do crescimento populacional	19
1.3.3) Evolução do tratamento dos efluentes e da destinação dos resíduos sólidos domésticos	20
1.3.4) Evolução das atividades antrópicas com alto potencial poluidor e degradador	22
<b>1.4) GRUPO FOCAL: A COMPREENSÃO DOS GESTORES ACERCA DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>23</b>
<b>1.5) ANÁLISE FINAL: ANÁLISE DAS QUATRO DIMENSÕES ABORDADAS AO LONGO DA PESQUISA</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 02</b>	
<b>A DIMENSÃO DO CARSTE NO MUNDO E NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA</b>	<b>31</b>
<b>2.1) SISTEMAS CÁRSTICOS: FRAGILIDADES INTRÍNSECAS E PRESSÕES ANTRÓPICAS</b>	<b>33</b>
<b>2.1.1) A geodiversidade do carste e suas implicações na vulnerabilidade intrínseca de sua paisagem</b>	<b>33</b>
2.1.1.1) Aspectos geológicos e hidrogeológicos	34
2.1.1.2) Aspectos pedológicos e geomorfológicos	37
<b>2.1.2) Sistemas cársticos e atividades antrópicas – o que há na literatura sobre os impactos desta interação?</b>	<b>45</b>
<b>2.2) O CARSTE DA REGIÃO DE LAGOA SANTA: DELIMITAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS FRAGILIDADES DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>54</b>
<b>2.2.1) Aspectos gerais e delimitação da área de estudo</b>	<b>54</b>
<b>2.2.2) O que há de frágil na região do carste de Lagoa Santa?</b>	<b>58</b>
<b>CAPITULO 03</b>	
<b>A DIMENSÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS DO CARSTE DE LAGOA SANTA</b>	<b>70</b>
<b>3.1) REFLEXÕES SOBRE A EXPANSÃO URBANA DE BELO HORIZONTE E AS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS IMPRESSAS NA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>70</b>

<b>3.2) QUANTIFICAÇÃO DA EVOLUÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS NA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>75</b>
3.2.1) Evolução temporal do crescimento populacional	75
3.2.2) Evolução espaço-temporal do uso do solo por meio de técnicas de sensoriamento remoto	78
3.2.3) Evolução espaço-temporal das atividades de empreendimentos com potencial poluidor e degradador	87
3.2.4) Evolução espaço-temporal do tratamento do esgotamento sanitário e dos resíduos sólidos domésticos	94
<b>3.3) CENÁRIO ATUAL DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS DA ÁREA DE ESTUDO: SÍNTESE E VISÃO DOS ATORES</b>	<b>111</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>INSTRUMENTOS PARA AS GESTÕES TERRITORIAL E AMBIENTAL NO BRASIL: QUAIS ASPECTOS CONVERGEM PARA A PROTEÇÃO DO CARSTES?</b>	<b>118</b>
<b>4.1) INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO TERRITORIAL: PLANOS DIRETORES, PLANOS DE MANEJO, ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO, E PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA</b>	<b>120</b>
4.1.1) A Política Urbana e os planos diretores	122
4.1.2) A Política Nacional de Meio Ambiente, os Planos de Manejo de Áreas de Proteção Ambiental e o Zoneamento Ecológico Econômico	129
4.1.3) Política Nacional de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica	135
<b>4.2) INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL: LICENCIAMENTO AMBIENTAL (EIAS) E LEGISLAÇÃO PERTINENTE ÀS CAVIDADES NATURAIS</b>	<b>141</b>
4.2.1) O Licenciamento Ambiental e os Estudos de Impacto Ambiental	142
4.2.2) Legislação pertinente às cavidades naturais	148
<b>4.3) QUAIS ASPECTOS DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL CONVERGEM PARA A PROTEÇÃO DAS PAISAGENS CÁRSTICAS?</b>	<b>158</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTOS URBANO E AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>164</b>
<b>5.1) FUNILÂNDIA E PRUDENTE DE MORAIS</b>	<b>166</b>
<b>5.2) MATOZINHOS</b>	<b>173</b>
<b>5.3) PEDRO LEOPOLDO</b>	<b>179</b>
<b>5.4) LAGOA SANTA</b>	<b>185</b>
<b>5.5) CONFINS</b>	<b>192</b>
<b>5.6) ESPACIALIZAÇÃO E SÍNTESE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E PRESSÕES SOB O SISTEMA CÁRSTICO DE LAGOA SANTA</b>	<b>196</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>203</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>208</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>220</b>

## INTRODUÇÃO

Áreas cársticas podem ser caracterizadas como uma paisagem peculiar, que apresenta processos de dissolução responsáveis por gerar formas únicas, tais como dolinas, uvalas, poliés, cavernas, sumidouros e surgências. Quanto mais desenvolvida e ativa é uma paisagem cárstica, mais ela estará vulnerável aos impactos causados pelas atividades antrópicas situadas na sua superfície e nas áreas adjacentes a este sistema natural. Nesse sentido, os aspectos físicos são fundamentais para se compreender a vulnerabilidade intrínseca<sup>1</sup> das águas subterrâneas, bem como a instabilidade geotécnica destas paisagens (DALY *et al*, 2002, p. 342). Desse modo, apesar da literatura sobre a temática considerar a ocorrência de paisagens e/ou feições cársticas em rochas não carbonáticas (SILVA, 2004; HARDT, 2009; FABRI, 2011; PEREIRA, 2012), salienta-se que paisagens cársticas situadas em rochas carbonáticas são as mais vulneráveis, tendo em vista que as características geológicas destas rochas (por exemplo, a porosidade secundária) possibilitam a formação de paisagens cársticas com maior grau de complexidade.

Segundo Ford e Williams (2007), rochas cársticas em superfície e próximas à superfície ocupam, aproximadamente, 20% das áreas continentais – não congeladas – do planeta. Além disso, 20 a 25% da população mundial é abastecida pelas águas subterrâneas que circulam em condutos cársticos. Os autores ainda ressaltam que esse tipo de recurso hídrico tem sofrido sérias pressões antrópicas, tornando necessária uma maior atenção aos aquíferos cársticos no que tange ao seu manejo sustentável. Além disso, superfícies cársticas são susceptíveis a processos de abatimentos, os quais podem causar danos humanos e materiais. Neste contexto, é reconhecida a importância de políticas públicas<sup>2</sup> que estabeleçam leis, regulamentos e ações de governo para o uso e a ocupação em paisagens cársticas. Essas diretrizes devem objetivar não somente o planejamento e gestão do sistema cárstico em si, mas sobretudo das atividades antrópicas que residem na superfície nesta paisagem, já que, dentre os principais impactos causados aos sistemas cársticos que podem oferecer danos aos seres humanos, destaca-se a deterioração da água subterrânea e abatimentos em superfície.

No Brasil, as primeiras legislações que embasavam a tímida política ambiental vigente consistem nos códigos de Água (1934), Florestal (1965) e de Caça e Pesca (1967).

---

<sup>1</sup> Daly *et al* (2002) relatam que o conceito de vulnerabilidade intrínseca do carste define a vulnerabilidade da água subterrânea diante dos contaminantes gerados pelo homem, levando-se em conta as características geológicas, hidrológicas, hidrogeológicas e geomorfológicas.

<sup>2</sup> Cavalcanti (2007) realiza uma ampla discussão sobre o conceito de política pública e sintetiza que este termo refere-se a um “curso de ação ou inação, escolhida por autoridades públicas para focalizar um problema, que é expressado no corpo das leis, regulamentos e ações do governo.”

Entretanto, a partir dos anos 1970, influenciado pela tendência mundial de preocupação com as limitações dos recursos naturais, o Brasil cria o primeiro órgão especialista na gestão das questões ambientais, a Secretaria Especial de Meio Ambiente: o SEMA, sob a coordenação do Ministério do Interior (SOUSA, 2005). Somente na década de 1980, as questões ambientais ganham proeminência, repercutindo na emergência de órgãos governamentais e não governamentais de cunho ambiental, cujos objetivos eram os de conceber, planejar, gerir, executar e fiscalizar políticas que visassem a conservação da natureza.

É no referido contexto que o carste também passa a ser visto, mesmo que de modo indireto, como um ambiente vulnerável à intensificação das atividades antrópicas. Logo, por ser uma paisagem naturalmente mais frágil, seria esperado que políticas públicas de caráter ambiental estabelecessem diretrizes para as atividades antrópicas presentes na superfície de tais paisagens. Entretanto, apesar da multiplicidade de políticas públicas de caráter ambiental, nota-se que há uma desarticulação por parte das normas jurídicas nacionais, estaduais e municipais em estabelecer diretrizes que regulamentem o uso do solo em áreas cársticas. Tais regulamentações têm sido realizadas de modo localizado/regionalizado, levando a que cada município, estado e mesmo a União lidem com a regulamentação do uso do solo de maneira distinta. Além disso, historicamente, verifica-se a ausência de diretrizes nacionais que lidem com o uso e a ocupação em paisagens cársticas; observa-se que as normas jurídicas e até mesmo o órgão gestor<sup>3</sup> que mais se aproximam desta temática têm como objeto as cavidades naturais subterrâneas. Estas cavidades consistem em feições que podem indicar a ocorrência de um sistema cárstico, embora esse sistema não se limite a esta feição<sup>4</sup>.

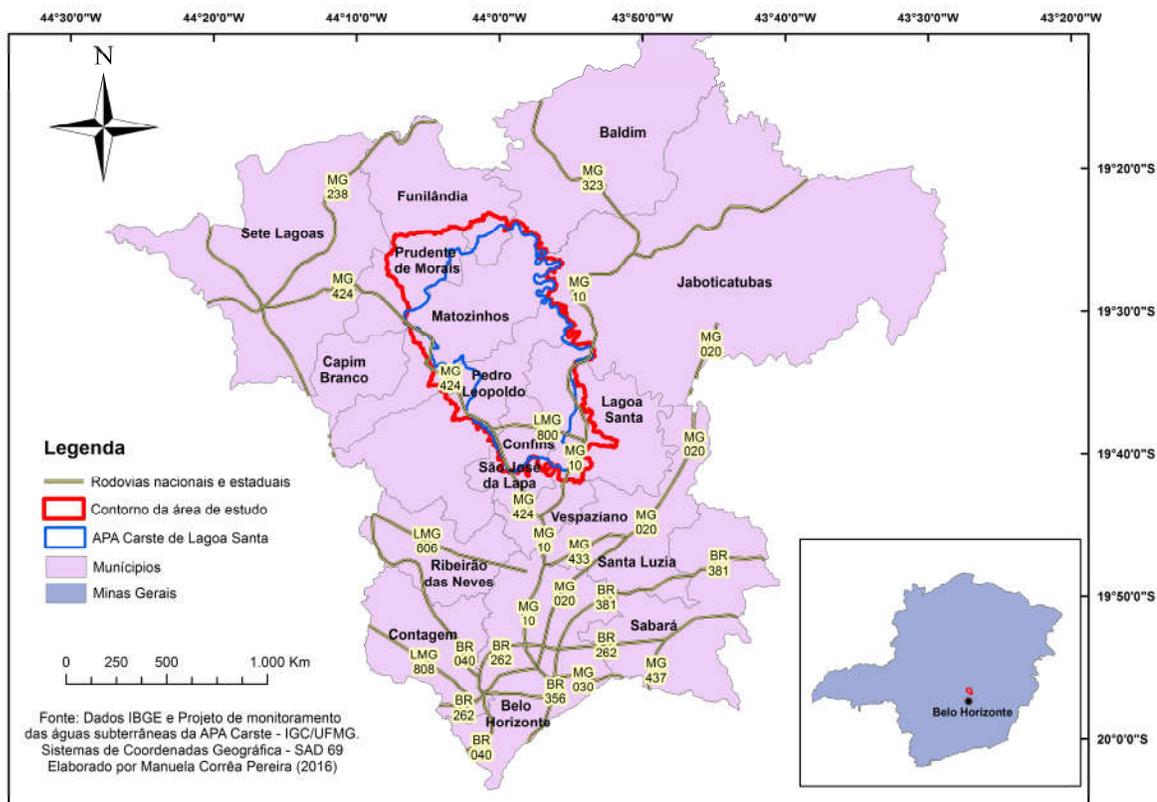
Diante do exposto, optou-se por investigar a área cárstica do vetor norte de expansão urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH (Figura 1), internacionalmente conhecida como região do carste de Lagoa Santa, a qual consiste no palco de um cenário que envolve: (i) pressões inerentes à intensificação das atividades antrópicas, numa região de expansão metropolitana; (ii) um ambiente frágil, seja por abarcar um distinto patrimônio espeleológico, paleontológico e arqueológico, ou por, em subsuperfície, ser esculpido em rochas carbonáticas de alta solubilidade com vazios capazes de armazenar águas subterrâneas e também acarretar riscos geológicos à superfície (processos de subsidência); e (iii) uma multiplicidade de instrumentos de planejamento elaborados e geridos pelas instâncias dos poderes federal, estadual e municipal; a qual estabelece regulamentações em diversas escalas espaciais – regional (a

---

<sup>3</sup> O CECAV (Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas) está vinculado ao ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Biodiversidade).

<sup>4</sup> Existem cavernas que não estão conectadas à drenagem subterrânea, portanto estas não fazem parte de um sistema e/ou paisagem cárstica ativa.

exemplo dos planos de bacia hidrográfica), municipal (tal como os planos diretores) e local (os estudos de impacto ambiental de empreendimentos). Portanto, considera-se a referida área relevante para compreender de que maneira os instrumentos de planejamento urbano e ambiental têm contribuído para que as práticas de gestão<sup>5</sup> mediem os conflitos relativos à intensificação do uso do solo e às fragilidades naturais das paisagens cársticas.



**Figura 1:** O polígono em vermelho consiste na delimitação da área de estudo que é composta pelos municípios: Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Prudente de Morais e Funilândia. A área de estudo está localizada no contexto do vetor norte de expansão urbana da RMBH e pode ser acessada pelas rodovias MG10, MG424 e LMG800.

Luciana de Resende Alt (2008), em sua investigação sobre os instrumentos de planejamento e gestão da APA Carste de Lagoa Santa<sup>6</sup> apontou diversas falhas na gestão dessa área. Dentre elas, destaca-se a falta de integração entre as diferentes escalas de poder que realizam a gestão de tal território. Após dez anos da conclusão do trabalho supracitado se, por um lado, ainda se observa a emergência de instrumentos normativos

<sup>5</sup> Considera-se a gestão em suas diferentes escalas de poder, influenciadas ou não pelas normas jurídicas.

<sup>6</sup> A APA Carste de Lagoa Santa consiste em uma unidade de conservação de uso direto, a qual realiza a gestão de grande parte da área de investigação desta tese.

que objetivam a proteção dos aspectos inerentes aos sistemas cársticos<sup>7</sup>, por outro se observa uma série de políticas públicas de caráter modernizante<sup>8</sup> que impulsiona a intensificação do uso e ocupação do solo na região.

### ***Questões e hipótese da investigação***

Este trabalho se fundamenta na relação entre quatro dimensões de análise, a saber: fragilidades dos sistemas cársticos, atividades antrópicas, instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, e práticas de gestão dos profissionais que lidam com esses instrumentos. Portanto, elaboraram-se as seguintes questões de investigação que foram ancoradas no diálogo entre as dimensões supracitadas:

- Os instrumentos das políticas públicas inerentes aos planejamentos urbano e ambiental elaborados pelo poder federal são suficientes para nortear a gestão de paisagens cársticas brasileiras em função de suas peculiaridades naturais?
- A multiplicidade dos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, os quais abrangem as escalas regional, municipal e local, constituem obstáculo para a gestão da região do Carste de Lagoa Santa?
- Apesar de transcorridos trinta e oito anos desde a emergência das regulamentações que fundamentam as gestões territorial e ambiental em função das fragilidades naturais da região do carste de Lagoa Santa, tais instrumentos jurídicos têm sido resistentes às pressões antrópicas que fomentam a intensificação do uso do solo da região?

Diante do exposto, considera-se como hipótese que a crescente emergência e multiplicidade dos diversos instrumentos de planejamento territorial configuram um obstáculo para a gestão em áreas cársticas, tendo em vista a falta de integração destas regulamentações. Além disso, a referida multiplicidade, apesar da evolução das políticas públicas de cunho territorial no que tange às questões ambientais, favorecem a instalação de usos degradantes aos sistemas cársticos, diante da expansão do tecido urbano da RMBH.

Adotou-se como área de investigação a região do carste de Lagoa Santa, a qual desde a década de 1980 é palco da intensificação das atividades antrópicas, bem como da

---

<sup>7</sup> Destaca-se o Plano de Governança do Estado de Minas Gerais que estabelece um sistema de áreas protegidas no vetor norte da RMBH.

<sup>8</sup> Aparato jurídico e institucional, bem como um conjunto de obras públicas (tais como: Linha Verde, Cidade Administrativa de Minas Gerais, Aeroporto Internacional Tancredo Neves e Rodoanel), as quais estimulam a instalação de empreendimentos e o adensamento populacional na região do carste de Lagoa Santa.

emergência de instrumentos de proteção em função da fragilidade do sistema cárstico. Desse modo, a multiplicidade de tais instrumentos, além de constituir obstáculo para as práticas de gestão, também pode implicar uma deficiência de proteção da fragilidade do sistema cárstico, composto por um terreno geologicamente instável e por águas subterrâneas que abastecem parte da população dos municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Funilândia e Prudente de Morais.

### **Objetivos**

Diante das questões e hipótese sinalizadas, estabelece-se o propósito desta tese: objetiva-se compreender de que maneira os instrumentos de planejamentos urbano e ambiental são utilizados para controlar e regular as atividades antrópicas em função das fragilidades naturais do carste e como os gestores da região do carste de Lagoa Santa lidam com tais instrumentos. Além disso, a partir desta compreensão, objetiva-se colaborar para que políticas públicas territoriais e ambientais possam estabelecer diretrizes que considerem as fragilidades dos sistemas cársticos.

A seguir foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- 1) Compreender de que modo os instrumentos de planejamento de escala urbano-regional (planos diretores, planos de manejo, macrozoneamento, zoneamento ecológico econômico, etc.) e de escala local (Estudos de Impacto Ambiental e legislação pertinente às cavidades naturais subterrâneas) possuem aspectos ambientais que convergem para a necessidade de proteção das peculiaridades de um sistema cárstico no âmbito nacional.
- 2) Caracterizar e analisar as mudanças espaço-temporais das pressões antrópicas na região do carste Lagoa de Santa, entre os anos de 1985 e 2016.
- 3) Constatar a evolução espaço-temporal, bem como as divergências e convergências entre zoneamento dos planos diretores dos municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Prudente de Morais e Funilândia; e o zoneamento do plano de manejo da APA Carste de Lagoa Santa.
- 4) Compreender como os gestores lidam com os instrumentos para as gestões territorial e ambiental no que tange à proteção das peculiaridades dos sistemas cársticos da área de estudo, tanto no âmbito dos municípios, como no âmbito das demais instituições que atuam na região: ICMBIO, COPASA, IPHAN, CBHVelhas, ARMBH, IEF, dentre outros.

- 5) Relacionar a evolução espaço-temporal dos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental com a evolução espaço-temporal das pressões antrópicas, contemplando seu diálogo com as práticas de gestão dos profissionais que lidam com tais instrumentos, tendo como fundamento as fragilidades naturais da região do carste de Lagoa Santa.

### **Estrutura da tese**

A presente tese é composta por cinco capítulos que buscam fundamentar e/ou responder as questões propostas nesta introdução. A seguir, expõe-se o plano de redação, a partir do qual é possível constatar a sinopse dos capítulos.

#### 1º capítulo: **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

No primeiro capítulo serão detalhados os métodos e técnicas adotados para alcançar os objetivos da pesquisa. De modo sintético, os caminhos metodológicos podem ser resumidos do seguinte modo: (i) *Pesquisa Bibliográfica* - referente às temáticas: vulnerabilidade dos sistemas cársticos e pressões antrópicas causadas a esses sistemas, além dos temas inerentes à ecologia política e ao planejamento urbano-ambiental; (ii) *Pesquisa Documental* – sobre os instrumentos de planejamentos urbano e ambiental no Brasil e na região do carste de Lagoa Santa; (iii) *Caracterização das Pressões Antrópicas* – mapeamento e caracterização da evolução espaço-temporal das pressões antrópicas na área investigada, através de técnicas de sensoriamento remoto e dados secundários; (iv) *Grupo Focal* – etapa da pesquisa realizada em parceria com instituições públicas com o intuito de compreender os obstáculos enfrentados pelos gestores que atuam na região da APA Carste de Lagoa Santa; e (v) *Análise Final* – através dos resultados das abordagens anteriores, busca-se estabelecer diálogo entre as quatro dimensões desta pesquisa: pressões antrópicas, fragilidade dos sistemas cársticos diante dessas pressões, instrumentos para as gestões territorial e ambiental elaborados para controlar as pressões antrópicas em áreas cársticas, e como os gestores lidam com tais instrumentos.

#### 2º capítulo: **A DIMENSÃO DO CARSTE NO MUNDO E NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA**

O segundo capítulo da presente tese teve como objetivo estabelecer um panorama da vulnerabilidade das paisagens cársticas frente às pressões humanas no mundo e na região da APA Carste de Lagoa Santa. Tal capítulo se subdivide em duas partes; a primeira parte é embasada na literatura nacional e internacional para se compreender a fragilidade do carste; já a segunda se fundamenta na literatura técnico-científica que trata, especificamente, da

região da APA carste de Lagoa Santa, com vistas a se compreender as vulnerabilidades da área de estudo.

### 3º capítulo: **A DIMENSÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA**

No terceiro capítulo, foram tratados, espacializados e analisados dados referentes ao uso solo, ao crescimento populacional, aos empreendimentos, às estações de tratamento de esgoto (ETEs) e ao destino dos resíduos sólidos domésticos (aterros, lixões etc.), entre os anos de 1980 e 2017. Os referidos aspectos consistem em potenciais fontes de poluição para o sistema cárstico da área de estudo. Desse modo, espera-se que seja possível constatar, no tempo e no espaço, a efetividade dos instrumentos de planejamento a serem analisadas no capítulo seguinte. Além disso, os aspectos supracitados serão relacionados ao mapa de vulnerabilidade, já referido anteriormente.

### 4º capítulo: **INSTRUMENTOS PARA AS GESTÕES TERRITORIAL E AMBIENTAL NO BRASIL: QUAIS ASPECTOS CONVERGEM PARA A PROTEÇÃO DO CARSTE?**

O quarto capítulo teve como objetivo compreender o contexto, os objetivos e as críticas já realizadas aos principais instrumentos de planejamentos urbano e ambiental no Brasil, bem como quais aspectos convergem com a proteção do carste. Tais instrumentos foram selecionados de acordo com sua ocorrência e obrigatoriedade, tanto no Brasil como na área de estudo, portanto serão apresentadas normas jurídicas, assim como referências acadêmicas e técnicas sobre: planos diretores da Política Urbana, planos de manejo e zoneamento ecológico econômico da Política Nacional de Meio Ambiente, planos de bacia da Política Nacional de Recursos Hídricos, estudos de impacto ambiental e legislação pertinente às cavidades naturais, que pertencem à Política Nacional de Meio Ambiente.

### 5º capítulo: **ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTOS URBANO E AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO**

O quinto capítulo buscou analisar de que modo os diversos instrumentos de planejamento zoneiam a área de estudo, assim como as divergências e convergências entre os referidos instrumentos no espaço. Além disso, os resultados deste capítulo estiverem em constante diálogo com os resultados obtidos no segundo capítulo (vulnerabilidade do carste), no terceiro (pressões antrópicas), no quarto capítulo (panorama do aparato legal nacional que lida com aspectos que convergem para a proteção de áreas cársticas) e com a análise das falas dos atores que participaram do Grupo Focal.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas Considerações Finais, através dos resultados e análises obtidas nos capítulos anteriores, estabeleceu-se diálogo entre as quatro dimensões abordadas ao longo da tese: pressões antrópicas, fragilidades do carste, instrumentos de planejamento territorial e as práticas de gestão dos profissionais que lidam com tais instrumentos. Portanto, buscou-se esclarecer as questões de pesquisa e hipótese formuladas nesta introdução.

## Capítulo 01

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente investigação busca compreender as múltiplas e complexas inter-relações verificadas entre as quatro dimensões abordadas ao longo da pesquisa: pressões antrópicas, fragilidade dos sistemas cársticos diante dessas pressões, instrumentos de planejamento territorial (urbano e ambiental) elaborados para controlar as pressões antrópicas em áreas cársticas, e como os gestores lidam com tais instrumentos. Com o intuito de compreender as inter-relações de tais dimensões, procedimentos metodológicos foram utilizados para tratar esta questão tanto no âmbito nacional (qualquer área cárstica brasileira), quanto no âmbito da região do carste de Lagoa Santa (realidade empírica desta pesquisa). Optou-se por subdividir os procedimentos metodológicos de acordo com as diferentes abordagens que sintetizam o(s) principal(is) método(s) utilizado(s) para cada dimensão investigada (Quadro 1.1): (i) **Pesquisa Bibliográfica** - referente às seguintes temáticas: vulnerabilidade dos sistemas cársticos no âmbito mundial e na área de estudo, pressões antrópicas causadas a esses sistemas, intensificação das atividades antrópicas no vetor norte da RMBH, e referência teóricas inerentes à ecologia política e ao planejamento urbano-ambiental; (ii) **Pesquisa Documental** – concernentes aos instrumentos de planejamento territorial no Brasil e na região do carste de Lagoa Santa; (iii) **Caracterização das Pressões Antrópicas** – esta abordagem visa caracterizar a evolução espaço-temporal das pressões antrópicas na área investigada; (iv) **Grupo Focal** - técnica de análise qualitativa que envolve questões semi estruturadas, as quais, através de questões específicas, motivaram o debate sobre as práticas de gestão dos atores contemplados na pesquisa; e (v) **Análise Final** – através dos resultados das abordagens empregadas ao longo da tese, buscou-se analisar as quatro dimensões desta pesquisa com o intuito de responder às questões e à hipótese de investigação.

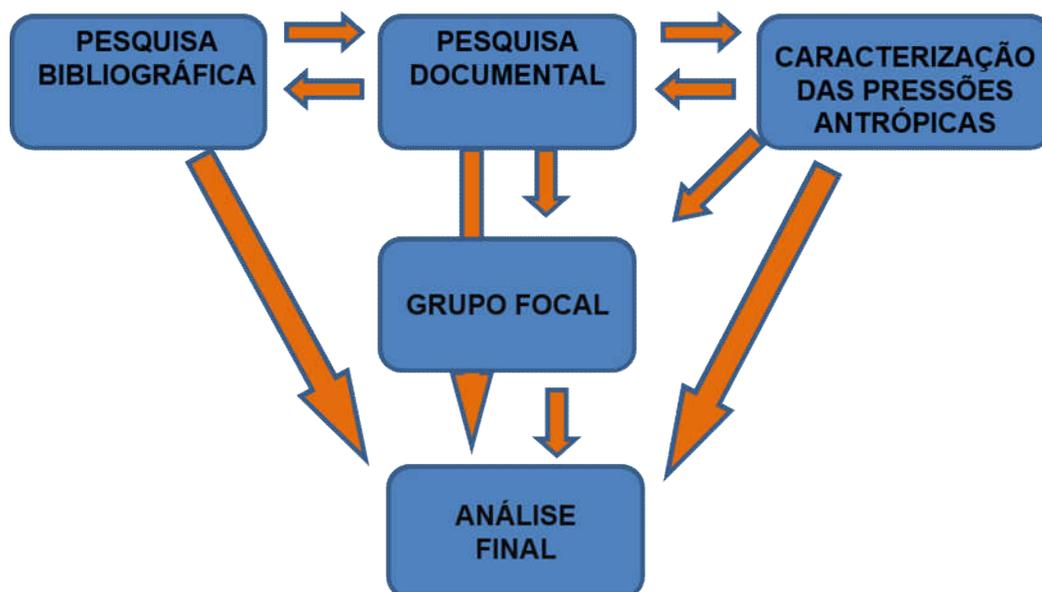
Vale ressaltar que os métodos de análise sintetizados no Quadro 1.1 não possuem caráter etapista, ou seja, as abordagens referentes à **Pesquisa Bibliográfica**, à **Pesquisa Documental** e à **Caracterização das Pressões Antrópicas** foram realizadas de modo concomitante e mediante constante diálogo (Figura 1.1). No entanto, a elaboração das questões inerentes ao **Grupo Focal** necessitou da conclusão parcial das abordagens anteriores, considerando que tais questões foram formuladas conforme a realidade constatada no mapa de pressões antrópicas e na evolução dos instrumentos de planejamento territorial da área de estudo (Figura 1.1). A **Análise Final** também dependeu dos resultados das abordagens anteriores, posto que tratará do diálogo entre as pressões

antrópicas, fragilidades dos sistemas cársticos, instrumentos para as gestões territorial e ambiental, e as práticas de gestão na área de estudo (Figura 1.1).

**Quadro 1.1:** Quadro síntese do desenho metodológico da pesquisa.

	<b>PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>PESQUISA DOCUMENTAL</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS</b>	<b>GRUPO FOCAL</b>	<b>ANÁLISE FINAL</b>
<b>Categorias de Análise</b>	<p><b>Fundamentação teórica e Caracterização da área de estudo</b></p> <p>Vulnerabilidade dos sistemas cársticos no âmbito mundial e na área de estudo</p> <p>Pressões antrópicas causadas a estes sistemas</p> <p>Teorias e práticas do planejamento urbano ambiental</p> <p>Ecologia Política</p> <p>Delimitação da área de estudo</p> <p>Intensificação das atividades antrópicas no vetor norte da RMBH</p>	<p><b>Contexto e evolução dos instrumentos de planejamento territorial no Brasil e na área de estudo</b></p> <p>Análise dos aspectos que convergem para a proteção do carste nos planos diretores, planos de manejo, planos de bacia hidrográfica, estudos de impacto ambiental e legislação pertinente às cavidades naturais no Brasil</p> <p>Análise da multiplicidade dos instrumentos para a gestão territorial na área de estudo</p>	<p><b>Evolução espaço-temporal das pressões do uso do solo na Região da APA Carste de Lagoa Santa (1980-2016)</b></p> <p>Mapeamento de usos da área de estudo: água, agropecuária, área desnuda e outros usos, cobertura vegetal e eucalipto</p> <p>Evolução do crescimento populacional e de empreendimentos com alto potencial poluidor e degradador</p> <p>Evolução do tratamento e destino de efluentes (ETEs) e resíduos sólidos domésticos (Aterros e Lixões)</p>	<p><b>Análise da compreensão dos gestores acerca dos instrumentos de planejamento territorial da área de estudo</b></p> <p>Compreensão das possibilidades e limitações enfrentadas pela gestão ao utilizar os instrumentos de planejamento na região do Carste Lagoa Santa</p> <p>Implicações da utilização desses instrumentos na vulnerabilidade do Carste Lagoa Santa</p>	<p><b>Análise das quatro dimensões da pesquisa a partir dos resultados das abordagens anteriores</b></p> <p>Pressões antrópicas</p> <p>↓</p> <p>Fragilidade dos sistemas cársticos diante destas pressões</p> <p>↓</p> <p>Instrumentos para as gestões territorial e ambiental elaborados para controlar as pressões antrópicas em áreas cársticas</p> <p>↓</p> <p>Efetividade destes instrumentos diante das práticas dos gestores que lidam com questões ambientais e territoriais.</p>
<b>Técnicas de Pesquisa</b>	<p>Pesquisa Bibliográfica</p>	<p>Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Documental, entrevistas exploratórias, Grupo Focal e Análise de Conteúdo</p>	<p>Classificação supervisionada do uso do solo, através de técnicas de sensoriamento remoto, Levantamento de dados junto a órgãos públicos</p> <p>Visitas técnicas às ETEs, aterros e prefeituras</p> <p>Construções de gráficos para constatar a evolução dessas pressões</p> <p>Grupo Focal e Análise de Conteúdo</p>	<p>Grupo Focal</p> <p>Análise de Conteúdo</p>	

Resultados	Capítulos 2, 3, 4, 5 e Considerações Finais	Capítulos 4 e 5	Capítulo 3	Capítulos 3, 4, 5 e Considerações Finais	Considerações Finais



**Figura 1.1:** Organização das diferentes formas de abordagem metodológica da pesquisa.

### **1.1) PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: APROXIMAÇÃO COM A LITERATURA REFERENTE AOS SISTEMAS CÁRSTICOS, ÀS ATIVIDADES ANTRÓPICAS QUE IMPACTAM ESTES SISTEMAS E ÀS REFERÊNCIAS INERENTES À ECOLOGIA POLÍTICA E AOS PLANEJAMENTOS URBANO E AMBIENTAL**

A Pesquisa Bibliográfica teve como objetivo obter maior familiaridade com a literatura inerente: *(i)* à vulnerabilidade dos sistemas cársticos; *(ii)* às pressões antrópicas inerentes a estes sistemas; *(iii)* aos estudos já realizados na região do carste de Lagoa Santa que tratam sobre as temáticas supracitadas; e *(iv)* à ecologia política e aos planejamentos urbano e ambiental (Quadro 1.1).

No primeiro item da Pesquisa Bibliográfica, apesar da autora ter trabalhado com o tema Geomorfologia Cárstica durante a graduação e o mestrado, foi necessário construir um melhor entendimento da dinâmica dos sistemas cársticos no que tange à interconectividade entre as feições superficiais e em subsuperfície. Este entendimento foi essencial para se compreender os impactos ambientais causados pelas diversas atividades antrópicas nestes sistemas (desmatamento, agropecuária, urbanização, indústria e mineração), o qual consiste no segundo item da Pesquisa Bibliográfica. Para chegar a esta compreensão,

utilizaram-se as principais referências bibliográficas nacionais e internacionais sobre o assunto, resultando na redação do segundo capítulo deste estudo. Vale ressaltar que grande parte das referências utilizadas é internacional, o que indica uma lacuna na produção científica brasileira sobre estes impactos no carste tropical.

Já no terceiro item da Pesquisa Bibliográfica, apesar da autora ter trabalhado por dois anos (2012 a 2014) num projeto do governo do Estado de Minas Gerais, que tinha como objetivo a criação de unidades de conservação no vetor norte da RMBH e ter tido contato com diversos projetos de cunho ambiental, territorial e econômico nesta região, necessitou-se ter contato com a literatura técnico-científica que trata tanto dos aspectos inerentes à fragilidade do carste de Lagoa Santa, quanto dos aspectos socioeconômicos que motivam a expansão urbana neste vetor. Desse modo, neste item buscou-se caracterizar, a partir dos trabalhos já realizados, as fragilidades intrínsecas à região do carste de Lagoa Santa, bem como a intensificação das atividades antrópicas causadas, sobretudo, pela expansão urbana do vetor norte da RMBH.

Referências técnico-científicas também foram utilizadas para delimitar a área de estudo segundo bases geológicas e hidrológicas. Através do critério geológico, buscou-se incorporar as rochas da formação Sete Lagoas, que é composta por um dos membros mais carstificáveis do Grupo Bambuí: o Membro Lagoa Santa. O mapa geológico utilizado para a delimitação foi elaborado pelo Projeto VIDA na escala de 1:50.000. O critério hidrológico foi utilizado para delimitar o escoamento superficial das águas (quando possível), critério esse que abarca não apenas as rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, mas também as rochas não carbonáticas de outras formações geológicas. Para tanto, utilizaram-se, de modo adaptado, as microbacias delimitadas por Velásquez e Rodrigues (2016). Maiores detalhes e o mapa desta delimitação estão presentes no Capítulo 2.

Por fim, ao longo da pesquisa, a autora sentiu a necessidade de ter contato com referências sobre teorias inerentes à ecologia política e ao planejamento urbano e ambiental. Portanto, ao longo dos capítulos 3, 4 e 5, buscou-se correlacionar seus respectivos resultados com reflexões de autores que tratam sobre o fenômeno de expansão do tecido urbano no contexto capitalista, no qual a relação homem e natureza possui contradições e incompatibilidades. Logo, abordar o efeito das pressões antrópicas nos sistemas cársticos, sem compreender o contexto no qual estas pressões se intensificam, é insuficiente para compreender o problema de modo mais amplo.

## **1.2) PESQUISA DOCUMENTAL: ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL NO BRASIL E NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA**

A Pesquisa Documental, principal técnica de pesquisa utilizada nesta seção, segundo Marconi e Lakatos (2003), tem como fonte de coleta de dados documentos (escritos ou não) que consistem em fontes primárias. Logo, a técnica de pesquisa em apreço se diferencia da Pesquisa Bibliográfica, haja vista que esta última tem como fonte dados secundários (trabalhos realizados e já analisados por outros autores). As fontes analisadas na Pesquisa Documental desta tese consistem em documentos públicos (leis, decretos, instruções normativas, resoluções, roteiros metodológicos, dentre outros) acessíveis em sites governamentais como o do Palácio do Planalto, da Assembleia Legislativa de Minas Gerais e das prefeituras da área de estudo ou, ainda, fornecidos por servidores públicos. A Pesquisa Documental pode ser subdividida em duas modalidades de análise: (i) análise dos aspectos dos instrumentos que convergem para a proteção do carste: planos diretores, planos de manejo, planos de bacia hidrográfica, estudos de impacto ambiental e legislação pertinente às cavidades naturais no Brasil, e (ii) análise da multiplicidade dos instrumentos de planejamento territorial na área de estudo (Quadro 1.1).

Na primeira modalidade de análise buscou-se compreender em que medida os principais instrumentos de planejamentos urbano e ambiental brasileiros abarcam aspectos que convergem para a conservação em áreas cársticas. Para esta tese, consideram-se como instrumentos de planejamento urbano-territorial, aqueles que impliquem o ordenamento do uso e ocupação do solo, sob a perspectiva dos municípios ou regiões metropolitanas. Já os instrumentos de planejamento ambiental-territorial, podem abranger uma escala local, como os empreendimentos e até mesmo regional, como o zoneamento ecológico econômico. Apesar dos instrumentos de planejamento urbano também apresentarem caráter ambiental, optou-se por distingui-los, visto que estes se restringem a uma escala municipal (exemplo: uma cidade ou região metropolitana); já os instrumentos de planejamento ambiental possuem uma escala de abrangência flexível.

As Políticas Urbana, Nacional de Meio Ambiente e Nacional de Recursos Hídricos instituíram diversos instrumentos de planejamento territorial ao longo de sua história. Entretanto, buscou-se selecionar os instrumentos que, de alguma maneira, estabeleçam regulamentações que se aproximem ao manejo em áreas cársticas. Portanto, ao longo do Capítulo 4 desta tese, foi analisado em que medida o quadro legal pertinente aos instrumentos de planejamento urbano (planos diretores e macrozoneamento) e de planejamento ambiental (planos de manejo de APAs, zoneamentos ecológicos econômicos,

planos de bacia hidrográfica e licenciamento ambiental - estudos de impacto ambiental e legislação pertinente às cavidades naturais) contemplam as peculiaridades dos sistemas cársticos. Para tanto, buscou-se analisar a evolução destes instrumentos, além do contexto da sua respectiva política de origem.

Já na segunda categoria de análise objetivou-se analisar os principais instrumentos de planejamento da área de estudo e compreender as convergências e divergências entre tais instrumentos. Para tanto foi realizado levantamento dos planos diretores dos municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Prudente de Moraes e Funilândia; do zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa; das unidades de conservação estaduais; e de outros instrumentos jurídicos apresentados no Quadro 1.4.

Nas duas categorias de análise, além da Pesquisa Documental do quadro legal, também se realizou Pesquisa Bibliográfica de trabalhos acadêmicos que tiveram como objeto instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, assim como se obteve informações junto a gestores e analistas ambientais que lidam com tais instrumentos. A Pesquisa Documental também foi realizada para obter informações sobre: a evolução do crescimento populacional (Dados dos Censos do IBGE), os empreendimentos (Dados da SUPRAM), e o saneamento dos municípios (Dados IBGE, COPASA e planos municipais de saneamento), que serão abordados na próxima sessão e cujos resultados estão contidos no Capítulo 3 desta tese (Quadro 1.1).

### **1.3) CARACTERIZAÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS: EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO DO SOLO NA REGIÃO DO CARTE DE LAGOA SANTA (1980-2017)**

A caracterização das pressões antrópicas teve como principal objetivo mensurar no tempo e no espaço a evolução das pressões do uso do solo da área de estudo. Este item pode ser subdividido em quatro temas que abarcam atividades antrópicas nocivas aos sistemas cársticos: *(i)* uso do solo; *(ii)* crescimento populacional; *(iii)* empreendimentos com alto potencial degradador e poluidor; *(iv)* efluentes domésticos; e *(v)* resíduos sólidos domésticos.

#### **1.3.1) Evolução do uso do solo**

Para detectar as mudanças ocorridas no uso do solo da área de estudo, foram selecionadas imagens de satélite que abrangessem a escala temporal desta pesquisa (1980 – 2016). Tais imagens foram tratadas através de técnicas de sensoriamento remoto. A

princípio, cogitou-se utilizar imagens de alta resolução para que maior número de classes pudesse ser detectado<sup>9</sup>. Entretanto, as imagens dos satélites Landsat, com resolução de 30 metros para as bandas multiespectrais, foram as mais apropriadas, tendo em vista que tais imagens abrangem a escala temporal desta pesquisa e estão disponíveis, gratuitamente, no site USGS (United States Geological Survey).

Alt (2008) também utilizou técnicas de sensoriamento remoto, através de imagens Landsat, para detectar mudanças no uso do solo dos municípios que compõem a APA carste de Lagoa Santa. Entretanto, como a análise temporal da autora finaliza no ano de 2006, optou-se por selecionar as próprias imagens desta pesquisa para que todas tivessem padrão de qualidade<sup>10</sup> semelhante. Após a verificação das imagens disponíveis no site supracitado, optou-se pelas imagens Landsat 5 (sensor TM) para os anos de 1985, 1990, 1999, 2007, 2010<sup>11</sup> e pelas imagens Landsat 8 (sensor OLI) para o ano de 2016 (Quadro 1.2). Foram adquiridas as imagens do período seco (julho e agosto) (Quadro 1.2), já que as imagens do período chuvoso apresentam grande nebulosidade, fator que dificulta o processo de classificação. A área de estudo se localiza no limite de duas cenas, portanto, utilizou-se as cenas 218-73 e 218-74, para cada ano.

**Quadro 1.2:** Informações técnicas sobre as imagens utilizadas para análise temporal.

Data de aquisição	Cena	Número Landsat	Tipo de sensor	Resolução Geométrica (m)
31/07/1985	218/73	5	TM	30
31/07/1985	218/74	5	TM	30
25/07/1990	218/73	5	TM	30
25/07/1990	218/74	5	TM	30
18/07/1999	218/73	5	TM	30
18/07/1999	218/74	5	TM	30
25/08/2007	218/73	5	TM	30
25/08/2007	218/74	5	TM	30
01/08/2010	218/73	5	TM	30
01/08/2010	218/74	5	TM	30
18/07/2016	218/73	8	OLI/TIRS	30
18/07/2016	218/74	8	OLI/TIRS	30

<sup>9</sup>As imagens geradas pelo satélite SPOT e CEBERS possuem alta resolução (resolução igual ou inferior a 20 metros). Entretanto, as imagens do primeiro satélite não estão disponíveis nos sites governamentais nacionais e internacionais, que fornecem tais imagens de maneira gratuita. Já as imagens do segundo satélite, apesar de estarem disponíveis no site do INPE (Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais), iniciam-se somente a partir de 1999, ano no qual o primeiro satélite da geração CEBERS foi lançado.

<sup>10</sup> Todas as imagens selecionadas possuem o padrão de qualidade “9” atribuído às sete bandas que compõem cada cena.

<sup>11</sup> O mosaico de imagens do ano de 2010, possivelmente por sua qualidade, não teve uma classificação do uso do solo que correspondesse à realidade da área de estudo, portanto o referido ano foi excluído. Salienta-se que tão ação não prejudicou a análise do trabalho, já que a diferença temporal entre os anos de 2007 e 2010 é de apenas 3 anos.

A técnica utilizada para o mapeamento do uso do solo consiste no processamento digital de imagens (PDI). Segundo Alt (2008) o PDI utiliza de técnicas de pré-processamento de imagens, classificação e elaboração de mapas temáticos. Antes de iniciar as técnicas inerentes ao PDI, foi necessário realizar o mosaico (junção) das duas cenas que abrangem a área de estudo (Quadro 1.2).

Na etapa de pré-processamento de imagens foram realizadas as correções geométrica, atmosférica e radiométrica. Na correção geométrica conferiu-se se as imagens necessitavam de algum tipo de correção, portanto tais imagens foram analisadas pixel a pixel, sobrepondo a cena adquirida a uma cena previamente corrigida, para constatar se a posição dos pixels correspondia. Somente as cenas do ano de 1999 necessitaram de correção geométrica<sup>12</sup>. As imagens do ano de 1999 foram corrigidas, através do reposicionamento sistemático dos pixels, baseando-se na imagem corrigida. A correção atmosférica foi realizada com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância das cenas. O método utilizado para este tipo de correção foi o método de subtração do pixel escuro desenvolvido por Chavez em 1988 e aprimorado em 1988 e 1996. Já a correção radiométrica consistiu em converter os valores digitais da imagem em dados informáticos (geralmente, 8 ou 16 bits) (MAILLARD, 2014). O plugin SCP<sup>13</sup> do software QGIS 2.12.3 foi utilizado para realizar, de modo automático, todas as correções supracitadas.

Já na etapa de classificação das imagens optou-se pelo método de classificação supervisionada. Tal método considera que o pesquisador já detém um conhecimento prévio da área de estudo, portanto, realizou-se seis dias de campo<sup>14</sup>, no qual foram levantados, aproximadamente 120 pontos de controle que auxiliaram na classificação das imagens do ano de 2016. Já para as demais datas, utilizaram-se dados secundários de materiais cartográficos da área de estudo, os quais possuem data de origem que se aproxima ao ano das cenas desta tese (Quadro 1.3). Além disso, nesta etapa de classificação foi utilizado o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER), onde os pixels foram ordenados de acordo com a maior probabilidade, considerando a distribuição das classes (método paramétrico) (MAILLARD, 2014).

---

<sup>12</sup> Grande parte das imagens fornecida pela USGS já apresenta correção geométrica.

<sup>13</sup> Semi-Automatic Classification Plugin (plugin de classificação semi-automática)

<sup>14</sup> A realização das investigações de campo contou com o apoio financeiro do "Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado a área piloto da APA Carste Lagoa Santa, Minas Gerais", coordenado pela Professora Leila Nunes Velásquez; essas investigações contaram ainda com o auxílio em campo das estagiárias Juliana Machado e Isabella Andrade.

**Quadro 1.3:** Relação entre o ano da imagem e a fonte dos pontos de controle.

<b>Ano da imagem de satélite</b>	<b>Cenas</b>	<b>Fonte dos pontos de controle</b>	<b>Ano dos pontos de controle</b>
1985	218/73 e 218/74	Ortofotos da CEMIG	1989
1990	218/73 e 218/74	Mapa do uso do solo Projeto VIDA	1992
1999	218/73 e 218/74	Mapa do uso do solo do zoneamento APA Carste	1998
2007	218/73 e 218/74	Imagens Google Earth	2007
2010	218/73 e 218/74	Imagens Google Earth	2010
2016	218/73 e 218/74	Dados primários levantados em campo através de GPS	2016

**Quadro 1.4:** Relação entre os principais instrumentos analisados, ano do instrumento e o ano da imagem utilizada para o mapeamento do uso do solo.

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Breve descrição do instrumento</b>	<b>Ano do instrumento</b>	<b>Ano da Imagem de satélite</b>
Dec. Estadual nº20375	Cria o Parque Ecológico do Vale do Sumidouro	1980	1985
Dec. Estadual nº20597	Define Área de Proteção Especial	1980	1985
Lei Federal nº6938	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente	1981	1985
Dec. Federal nº98881	Cria a APA Carste Lagoa Santa	1990	1990
Portaria 887 e Decreto Federal 99556	Dispõe sobre a proteção de cavidades	1990	1990
Lei Estadual nº10793	Dispõe sobre a proteção de mananciais	1992	1990
Zoneamento APA Carste	Zoneamento APA Carste	1998	1999
Lei complementar municipal nº002	Institui o Plano Diretor de Confins	1999	1999
Lei Municipal nº1624	Aprova diretrizes para estruturação do Plano Diretor de Matozinhos	2001	1999
Resolução Federal nº347	Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico	2004	2007
Lei Municipal nº2633	Institui o Plano Diretor de Lagoa Santa	2006	2007
Decreto Estadual nº44500	Institui o Plano de Governança Ambiental e Urbanística da RMBH	2007	2007
Lei Municipal nº3034	Institui o Plano Diretor de Pedro Leopoldo	2008	2007
Decreto Federal 6640 e IN nº2	Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico	2008/2009	2007/2010
Lei Estadual nº18043	Modifica o Decreto nº 20.597, de 4 de junho de 1980	2009	2010
Decreto Estadual nº45097 e nº45233	Dispõe sobre regime jurídico especial de proteção ambiental de do Vetor Norte da RMBH	2009	2010
Resolução Estadual SEMAD SEDRU nº02	Identifica Sistema de Áreas Protegidas e as áreas de conectividade	2009	2010
Decreto Estadual nº 45.398	Cria o Parque Estadual Cerca Grande	2010	2010
Decreto Estadual nº 45.391	Cria o Monumento Natural Estadual Experiência da Jaguará	2010	2010
Decreto Estadual nº 45.392	Cria o Monumento Natural Estadual Vargem da Pedra	2010	2010
Decreto Estadual nº45.399	Cria o Monumento Natural Estadual Santo Antônio	2010	2010
Decreto Estadual nº45.508	Cria o Monumento Natural Estadual Várzea da Lapa	2010	2010
PL Municipal	Altera o Plano Diretor de Pedro Leopoldo	2015	2016

Como o processo de classificação de imagens Landsat foi realizado por Alt (2008) na região da área de estudo, optou-se por manter as classes obtidas pela autora: “agropecuária”, “água”, “eucalipto”, “cobertura vegetal nativa” e “área desnuda e outros usos”. Após o processo de classificação, o resultado foi avaliado através da matriz de confusão, a qual possibilita o cálculo do índice Kappa. Segundo Moraes (2014), o coeficiente de Kappa mede a probabilidade de um pixel ser corretamente classificado em relação a probabilidade de uma classificação inadequada. O autor supracitado, baseando-se em Landis e Koch (1977), considera que índices de acurácia superior a 80% são reconhecidos como excelentes. A Tabela 1.1, sintetiza a acurácia global e o índice kappa das classes obtidas nos anos em análise, onde se observa que a classificação foi satisfatória.

**Tabela 1.1:** Desempenho da classificação supervisionada.

	1985	1990	1999	2007	2016
Acurácia global	87.23%	91.34%	91.72%	93.14%	97.61%
Índice Kappa	0.79	0.86	0.86	0.89	0.96

Apesar do desempenho global da classificação ter sido satisfatório, a classe “área desnuda e outros usos” não obteve índices excelentes como as demais classes. Portanto, com o intuito de refinar a classificação, os mapas gerados foram analisados por um profissional da área de meio ambiente que há décadas reside na região e possui excelente conhecimento espaço-temporal da área de estudo. Além disso, checagens em campo foram realizadas<sup>15</sup>, com o intuito de esclarecer possíveis erros do classificador. Portanto, mesmo após a realização do índice de Kappa, o arquivo matricial foi transformado em vetor para correções possibilitadas pela checagem em campo e pela análise do referido gerente.

### 1.3.2) Evolução do crescimento populacional

O vetor norte da RMBH consiste num vetor de expansão urbana e crescimento populacional dos municípios, impulsionado pelo parcelamento do solo. No tocante às questões ambientais, o aumento populacional e o parcelamento demandam maior infraestrutura de saneamento básico. Portanto, através da constatação da evolução do crescimento populacional dos municípios da área de estudo (Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Funilândia e Prudente de Moraes), foi possível compreender se a implementação de infraestruturas de saneamento básico, como as estações de tratamento de esgoto (ETEs), é condizente com tal crescimento populacional.

<sup>15</sup> Além da checagem em campo, as classes também foram checadas através de voos comerciais, os quais proporcionam uma boa noção do uso do solo na região do Aeroporto Internacional de Confins.

Os dados utilizados para constatar a evolução populacional foram obtidos através do site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Quadro 1.5). O intervalo temporal foi baseado no ano de origem das principais intervenções que acarretaram mudanças ambientais na área de estudo, logo também se assemelham aos anos das imagens abordadas na seção anterior (Quadro 1.5). A fonte de dados baseou-se, sobretudo, nos censos realizados em 1980, 1991, 2000 e 2010. Como os censos são realizados de 10 em 10 anos, para os anos de 2007 e 2016, utilizaram-se dados estimados pelo próprio IBGE (Quadro 1.5).

Salienta-se que a evolução do crescimento populacional reflete a realidade da área total dos municípios que compõem a área de estudo, porém, a área de estudo abarca somente parte da área de tais municípios. Portanto, buscou-se coletar os dados dos distritos que estão inseridos na área de estudo. Contudo, o site do IBGE não dispunha de dados dos distritos dos municípios de Funilândia e Prudente de Moraes, além do distrito Quinta do Sumidouro, pertencente a Pedro Leopoldo. Logo, buscou-se trabalhar tanto com a evolução do crescimento populacional dos municípios, que apesar de não ser fiel à realidade populacional da área de estudo, nos permite visualizar um panorama deste crescimento, quanto com a evolução do crescimento populacional dos distritos da área de estudo (Lapinha, Mocambeiro, Fidalgo, Dr. Lund e Lagoa de Santo Antônio).

**Quadro 1.5:** Relação entre os anos de intervenções ambientais na área de estudo, das imagens Landsat e dos dados de população.

Principal intervenção ambiental	Ano da Intervenção	Ano da imagem	Ano dos dados de população	Fonte dos dados de população
Criação da APE aeroporto/ Inauguração do Aeroporto Presidente Tancredo Neves	1980/1984	1984	1980	Censo 1980 - SIDRA
Criação da APA Carste Lagoa Santa	1990	1990	1991	Censo 1991 - SIDRA
Zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa	1998	2000	2000	Censo 2000 - SIDRA
Plano de Governança Ambiental e Urbanística da RMBH	2007	2007	2007	População recenseada e estimada
Conclusão das obras da Linha Verde/Inauguração da Cidade Administrativa de Minas Gerais	2009/2010	2010	2010	Censo 2010 - SIDRA
Cenário atual	-	2016	2016	Estimativa da população

### 1.3.3) Evolução do tratamento dos efluentes e da destinação dos resíduos sólidos domésticos

A Lei da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) inclui no conceito de saneamento básico os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo das águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos. Dentre estes serviços, destacam-se o esgotamento sanitário e o manejo de resíduos sólidos, tendo em vista que a falta ou precariedade de tais serviços em áreas cársticas pode acarretar em

sérios danos à qualidade da água subterrânea e do solo. Logo, torna-se pertinente analisar a evolução do tratamento de efluentes e da destinação dos resíduos sólidos dos municípios da área de estudo, associando-os à evolução do crescimento populacional (seção anterior) e às áreas mais vulneráveis do carste<sup>16</sup>.

Neste contexto, utilizaram-se como técnicas de pesquisa: entrevistas exploratórias junto a servidores públicos das prefeituras da área de estudo; visitas técnicas às ETEs, aterros e lixões dos municípios; consulta aos planos municipais de saneamento dos municípios que possuem este documento; e consulta aos dados referentes ao tipo de tratamento de esgoto e ao tipo de coleta de lixo presentes nos Censos do IBGE.

As entrevistas exploratórias foram realizadas durante os meses de novembro e dezembro do ano de 2015 nas prefeituras dos seis municípios da área de estudo, nas quais se obteve contato com os servidores que possuem experiência com as questões ambientais do município. Ao longo das entrevistas, buscou-se obter informações através das seguintes questões: *“O município possui alguma Estação de Tratamento de Esgoto?”*, *“Há quanto tempo esta ETE está em operação no município?”*, *“Qual a porcentagem de adesão dos domicílios à rede de esgoto?”*, *“Quais outros tipos de tratamento de esgoto o município possui?”*, *“O município realiza coleta dos efluentes localizadas em fossas na zona rural?”*, *“O município possui plano municipal de saneamento?”*, *“O município possui plano diretor?”*, *“O município possui aterro ou lixão?”*, *“Qual a localização do aterro ou lixão?”*, *“Que tipo de controle o aterro do município possui?”*, *“A coleta de lixo abarca os municípios da zona rural?”*, *“Para qual aterro e cidade é destinado o lixo do município?”*.

Visitas técnicas às ETEs e lixões<sup>17</sup> também foram realizadas com o intuito de constatar em campo a realidade do tratamento dos efluentes e dos resíduos sólidos domésticos, bem como obter outras informações junto aos funcionários que lidam com o dia-a-dia de tais locais. Portanto, obteve-se acesso às ETEs de Lagoa Santa (Vila Maria e Central), Matozinhos e Funilândia; aos aterros de Prudente de Moraes e Funilândia; à usina de triagem e compostagem (UTC) de Prudente de Moraes; e ao aterro desativado e entreposto de Matozinhos. Não se obteve acesso às ETEs do Aeroporto Tancredo Neves e de Pedro Leopoldo (Dr. Lund).

Para constatar a evolução temporal do tratamento do esgoto sanitário e da destinação dos resíduos sólidos domésticos também foram consultados os dados presentes nos planos municipais de saneamento, no site do IBGE e em trabalhos técnico-científicos,

---

<sup>16</sup> Mapa elaborado por Tayer (2016).

<sup>17</sup> Ressalta-se que as etapas de entrevista e as visitas técnicas também contaram com o apoio financeiro do *“Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado a área piloto da APA Carste Lagoa Santa, Minas Gerais”*, bem como com o apoio acadêmico da Profa. Dra. Leila Velásquez e dos estagiários Juliana Machado e João Victor Rodrigues.

com o intuito de obter dados mais antigos. Desse modo, além das informações qualitativas obtidas através das entrevistas e das visitas técnicas, também foram utilizados dados quantitativos obtidos através das fontes supracitadas, com o intuito de complementar compreensão da evolução do tratamento do esgoto sanitário e dos resíduos sólidos domésticos dos municípios da área de estudo.

#### **1.3.4) Evolução das atividades antrópicas com alto potencial poluidor e degradador**

Apesar da evolução do uso do solo, detectada através das imagens de satélite Landsat, espacializar usos antrópicos que ameaçam os sistemas cársticos (ex. desmatamento), não seria possível detectar, através da classificação de tais imagens, atividades que tenham a escala de abrangência local, mas que apresentam alto potencial poluidor e degradador (exemplo, indústrias). Desse modo, torna-se pertinente realizar um levantamento destas atividades, que apesar da sua baixa expressividade espacial, podem impactar de modo irreversível as águas subterrâneas da área de estudo. Para tanto, em parceria com o “*Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado a área piloto da APA Carste Lagoa Santa, Minas Gerais*” e com o auxílio da servidora Leilane Sobrinho<sup>18</sup> foram levantados dados junto ao banco de dados da SEMAD. A escala de abrangência dos dados mais antigos (1980-2005) contempla todo o território dos municípios, já os dados mais recentes (2005-2016) contemplam a área de estudo<sup>19</sup>, logo estes últimos são mais adequados para tratar a evolução espaço-temporal das atividades de tais empreendimentos.

O levantamento supracitado considerou somente as atividades que possuem porte e grau poluidor de intensidade significativa. Logo, baseando-se na classificação de atividades<sup>20</sup> estabelecida pelo Artigo 16º da Deliberação Normativa COPAM nº 74/2004, foram consideradas apenas as atividades de Classes 3, 4, 5 e 6 e desconsideradas as atividades de Classes 1 e 2:

*I – Pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor: Classe 1;*

*II – Médio porte e pequeno potencial poluidor: Classe 2;*

*III – Pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor: Classe 3;*

*IV – Grande porte e pequeno potencial poluidor: Classe 4;*

---

<sup>18</sup> O apoio da servidora da SUPRAM foi imprescindível para se ter acesso aos dados referentes aos empreendimentos.

<sup>19</sup> Através dos endereços dos dados mais recentes, foi possível identificar as coordenadas geográficas dos empreendimentos e espacializá-los na área estudo.

<sup>20</sup> Machado *et al.* (2016) ressaltam que a classe se refere à atividade em questão licenciada pelo empreendimento, e não ao empreendimento em si. Isso significa que um empreendimento pode apresentar atividades licenciadas de classes diferentes.

*V – Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor: Classe 5;*  
*VI – Grande porte e grande potencial poluidor: Classe 6. (COPAM, 2004)*

Além disso, nesta pesquisa foram consideradas apenas as atividades que obtiveram a Licença de Operação (LO), Licença de Operação Corretiva (LOC) ou Revalidação de Licença de Operação (REVLO). Infere-se que com a obtenção de tais licenças as atividades dos empreendimentos em questão estão em operação, ou seja, a possibilidade de impactos ambientais é maior nesta fase do que nas demais fases do licenciamento (licença prévia e licença de instalação). Apesar de no processo de licenciamento serem demandadas medidas mitigadoras para amenizar os impactos negativos provenientes da operação de atividades, em áreas cársticas a ineficiência de tais medidas pode acarretar prejuízos ambientais irreparáveis. Portanto, o licenciamento de atividades deve estar em consonância não somente com os demais instrumentos de planejamento territorial da área de estudo, mas também com a produção técnico-científica que trata da vulnerabilidade ambiental de paisagens cársticas. Desse modo, será menor a probabilidade de prejuízo tanto para o empreendimento como para o meio ambiente com a participação da academia nas decisões inerentes ao planejamento.

Neste contexto, os métodos abordados neste item buscaram constatar a evolução temporal (1980 a 2016) da operação de atividades com alto potencial poluidor e degradador, assim como em que medida a operação destas atividades está em consonância com as áreas mais vulneráveis do carste de Lagoa Santa.

#### **1.4) GRUPO FOCAL: A COMPREENSÃO DOS GESTORES ACERCA DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA ÁREA DE ESTUDO**

Além das entrevistas exploratórias realizadas com o intuito de obter informações referentes à Pesquisa Documental e à Caracterização das Pressões Antrópicas, foram realizados dois grupos focais simultâneos com o objetivo de compreender as práticas de gestão dos profissionais que lidam com os instrumentos de planejamento territorial no que tange a conservação do carste da área de estudo.

Inicialmente, optou-se por realizar entrevistas semiestruturadas, individualizadas, com o intuito de compreender a visão dos atores diante da multiplicidade dos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, assim como as influências político-econômicas, as quais podem contribuir para operação de atividades antrópicas e implicar em problemas ambientais às paisagens cársticas. Entretanto, no mês de junho de 2017, através do convite

realizado pela ARMBH, ICMBIO e COPASA<sup>21</sup>, foi possível realizar uma metodologia de entrevista, na qual os principais atores da área de estudo estivessem presentes, numa mesma data e local, e puderam debater sobre as principais questões inerentes aos problemas ambientais, às atividades antrópicas e aos instrumentos de planejamento da área de estudo.

Após investigar sobre as técnicas de análise qualitativa, as quais envolvam questões semiestruturadas que motivem o debate entre os atores contemplados na pesquisa, constatou-se que o grupo focal consiste na técnica mais adequada para a coleta de informações desta etapa da tese. Cruz Neto et al. (2002) realizaram ampla discussão sobre as diversas denominações e procedimentos inerentes à um grupo focal; para os referidos autores esta técnica pode ser definida como *“uma técnica de pesquisa na qual o pesquisador reúne, num mesmo local e durante um certo período, uma determinada quantidade de pessoas que fazem parte do público-alvo de suas investigações, tendo como objetivo coletar, a partir do diálogo e do debate com e entre eles, informações acerca de um tema específico”*. Os autores ainda salientam que *“A principal característica da técnica de Grupos Focais reside no fato de ela trabalhar com a reflexão expressa através da “fala” dos participantes, permitindo que eles apresentem, simultaneamente, seus conceitos, impressões e concepções sobre determinado tema.”*

Neste contexto, o roteiro realizado para o turno da tarde da oficina técnica (Figura 1.2) se apropriou das técnicas do grupo focal, com o intuito de coletar as visões dos atores envolvidos e também constatar possíveis conflitos existentes entre eles, através do debate. Cabe salientar que o convite aos referidos atores foi realizado em nome da Agência da Região Metropolitana de Belo Horizonte e que sem o apoio da referida instituição, da COPASA e do ICMBIO a reunião dos referidos atores teria sido sobremaneira dificultada; felizmente, a presença deles viabilizou a aplicação das técnicas inerentes ao grupo focal.

Os atores foram selecionados em conjunto com as instituições que organizaram o evento, portanto foram convidados representantes das seguintes instituições: Prefeitura de Funilândia, Prefeitura de Matozinhos, Câmara de Matozinhos, Prefeitura de Pedro Leopoldo, Prefeitura de Confins, Prefeitura de Lagoa Santa, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER/MG), Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas), Subcomitê Carste, Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Agência da Região Metropolitana de

---

<sup>21</sup> As referidas instituições tinham como o objetivo realizar uma oficina técnica no dia 06/07/2017, com o intuito de diagnosticar os principais problemas de gestão vivenciados pelos diversos atores na região.

Belo Horizonte (ARMBH) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Representantes da prefeitura municipal de Prudente de Moraes não foram convidados, já que o referido município atualmente se encontra fora dos limites da APA Carste. Apesar de esta pesquisa abranger limites que extrapolam a referida UC, e que abarcam o município de Prudente de Moraes, foi possível constatar conflitos no referido município a partir das falas de alguns atores, tais como do representante do município de Funilândia e de um representante do CBHVelhas.

A oficina técnica teve a participação 46 integrantes<sup>22</sup> e foi subdividida em dois turnos. No turno da manhã representantes do ICMBIO, da CPRM e da ARMBH proferiram uma palestra sobre a atuação de cada instituição na região da APA Carste de Lagoa Santa (Figura 1.2). Posteriormente, cada instituição, representada por um servidor, se apresentou e expôs de modo breve a atuação e conflitos que possuem na região da APA Carste de Lagoa Santa. Neste momento já foi possível diagnosticar e prever os principais conflitos existentes nos municípios da área de estudo, portanto, as falas do turno da manhã também foram alvo da análise desta tese.

Já no turno tarde, os participantes do evento foram subdivididos em dois grupos, os quais se reuniram em salas distintas. A divisão dos participantes em grupos menores teve como objetivo maximizar o tempo para que todos os participantes tivessem a oportunidade de exporem suas ideias e debater a diversidade de opiniões. Krueger (1996) *apud* Cruz Neto (2002) consideram que uma sessão de grupo focal deve ser composta por um grupo de no mínimo quatro e no máximo doze participantes. Apesar dos dois grupos possuírem um número de pessoas superior a doze, somente doze e dez pessoas participaram de modo efetivo, respectivamente, dos Grupos Focais 1 e 2.

O Grupo Focal 1 foi mediado pela autora desta tese e contou com o apoio das doutorandas Cláudia Mendes Cordeiro e Carmélia Oliveira, as quais relataram as principais falas e acontecimentos do debate. Já o Grupo Focal 2 foi mediado pelo doutorando Rodrigo Lemos, o qual possui amplo conhecimento e prática na temática ambiental, e a relatoria deste grupo foi realizada pela economista Luciana Maciel Bizzotto. Tanto na apresentação do período da manhã, como nos dois grupos focais do período da tarde, o áudio das falas foi gravado com o intuito de auxiliar na etapa de transcrição. Além disso, os participantes assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação na Pesquisa (vide seção de anexos da tese), no qual se declaram cientes de que os materiais e dados coletados ao longo da oficina técnica seriam utilizados em pesquisas posteriores. De

---

<sup>22</sup> Segundo a lista de presença do evento, 46 integrantes estavam presentes. Entretanto, grande parte deles estava participando da organização da oficina ou acompanhavam algum gestor que, de fato, participou dos debates. Dentre os presentes, 14 integrantes tiveram participação efetiva no turno da manhã. Já no turno da tarde, 12 atores participaram do Grupo Focal 1 e 10 atores participaram do Grupo Focal 2.

qualquer modo, optou-se por preservar a identidade pessoal (nomes) dos participantes. Logo, os atores, ao longo desta tese, são identificados pela instituição a qual representam.

<b>AGENDA   1º OFICINA TÉCNICA   APA CARSTE DE LAGOA SANTA</b>	
TURNO MANHÃ	
08h30 às 09h00	CHEGADA - CAFÉ DE BOAS-VINDAS
09h00 às 10h00	ICMBIO - 20min CPRM - 20min ARMBH - 20min
10h00 às 12h30	<p><b>APRESENTAÇÃO DOS GESTORES</b></p> <p><b>Grupo 1</b> (5 min de apresentação   5 min de debate)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prefeitura de Funilândia</li> <li>2. EMATER</li> <li>3. CBH Velhas</li> <li>4. IGAM</li> </ol> <p><b>Grupo 2</b> (5 min de apresentação   5 min de debate)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prefeitura de Matozinhos</li> <li>2. IPHAN</li> <li>3. IEF</li> </ol> <p><b>Grupo 3</b> (5 min de apresentação   5 min de debate)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prefeitura de Pedro Leopoldo</li> <li>2. Prefeitura de Confins</li> <li>3. MP Federal</li> <li>4. COPASA</li> </ol> <p><b>Grupo 4</b> (5 min de apresentação   5 min de debate)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prefeitura de Lagoa Santa</li> <li>2. UFMG</li> <li>3. MP Estadual</li> </ol>
12h30 às 14h00	ALMOÇO LIVRE
TURNO TARDE	
14h00 às 15h30	<p><b>Grupo Focal ( 1ª parte )</b></p> <p><b>Tema 1: Problemas ambientais</b></p> <p><b>1ª questão:</b> Quais são os principais problemas ambientais enfrentados pelos municípios? (45 minutos)</p> <p><b>Tema 2: Instrumentos de gestão territorial</b></p> <p><b>2ª questão:</b> Quais são os instrumentos de gestão territorial mais adequados para a gestão do município (zoneamento da APA, planos diretores, macrozoneamento, UCs)?</p> <p>Quais os instrumentos dificultam na gestão municipal (zoneamento da APA, planos diretores, macrozoneamentos, UCs)?</p> <p>Quais os planos diretores dificultam na gestão da APA e na gestão RMBH? (45 minutos)</p>
15h30 às 15h45	Café e Relacionamento
15h45 às 16h15	<p><b>Grupo Focal ( 2ª parte )</b></p> <p><b>Tema 3: Atividades econômicas</b></p> <p><b>3ª questão:</b> Quais atividades econômicas predominam no município? Quais tipos de empreendimentos possuem potencial para serem instalados nos municípios? (30 minutos)</p>
16h15 às 17h00	RELATORIA   SÍNTESE E SISTEMATIZAÇÃO DOS PONTOS LEVANTADOS

**Figura 1.2:** Programação da Oficina técnica realizada em 06 de julho de 2017, na Cidade Administrativa de Minas Gerais. Observa-se que o turno da manhã foi reservado para a apresentação das instituições envolvidas, momento no qual também ocorreu um debate inicial. Já no turno tarde, os participantes foram divididos em dois grupos, quando se aplicou de modo adaptado a técnica do grupo focal, baseado em questões norteadoras que fomentaram e aprofundaram o debate inicial.

Conforme abordado por Cruz Neto et al. (2002) a inserção de questões chave e diretivas são essenciais para nortear o grupo focal. Portanto, três questões chave, as quais envolvem de modo direto ou indireto as quatro dimensões abordadas nesta tese<sup>23</sup>, foram elaboradas com o intuito de compreender a visão dos gestores a partir das seguintes questões (em preto) e diretivas (em cinza), conforme explicitado pelo roteiro utilizado nos dois grupos focais (Figura 1.3).

**1º questão:** Quais são os principais problemas ambientais enfrentados pelos municípios? (se possível, apontá-los no mapa) (45 minutos)

Funilândia Matozinhos Pedro Leopoldo Confins Lagoa Santa

- *carência de esgotamento sanitário*
- *disposição inadequada dos resíduos sólidos domésticos, hospitalares e/ou industriais*
- *poluição hídrica*
- *poluição do ar*
- *poluição visual*
- *ocupação irregular em áreas de risco geológico e/ou geomorfológico*
- *deprecação do patrimônio espeleológico, arqueológico ou paleontológico*
- *outros*

**2º questão:** Quais atividades econômicas predominam no município? Quais tipos de empreendimentos possuem potencial para serem instalados nos municípios? (se possível, apontá-los no mapa) (30 minutos)

Funilândia Matozinhos Pedro Leopoldo Confins Lagoa Santa

- *mineração*
- *agropecuária (orgânica ou com a utilização de agrotóxicos)*
- *indústria (quais tipos?)*
- *loteamento*
- *serviços*
- *outros*

**3º questão:** Quais são os instrumentos de gestão territorial mais adequados para a gestão do município (zoneamento da APA, planos diretores, macrozoneamento, UCs)? Quais os instrumentos dificultam na gestão municipal (zoneamento da APA, planos diretores, macrozoneamentos, UCs)? (45 minutos)

Funilândia Matozinhos Pedro Leopoldo Confins Lagoa Santa

**Figura 1.3:** Roteiro utilizado pelos mediadores dos dois Grupos Focais. Observam-se as três questões que nortearam o debate, as quais estão diretamente relacionadas com as quatro dimensões abordadas durante a pesquisa: fragilidades dos sistemas cársticos, atividades antrópicas, instrumentos para as gestões territorial e ambiental, e práticas de gestão dos profissionais que lidam com esses instrumentos.

Além das apresentações realizadas no turno da manhã, também foi entregue aos participantes, neste período, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, bem como um questionário (Figura 1.4). O referido questionário era composto por três questões que se assemelham às três questões norteadoras do Grupo Focal. Logo se constatou, de modo objetivo, a visão dos atores diante das questões que envolvem: problemas ambientais, multiplicidade de instrumentos de gestão territorial e atividades antrópicas (Figura 1.4).

<sup>23</sup> Vale a pena ressaltar que as quatro dimensões abordadas nesta pesquisa consistem: nas fragilidades dos sistemas cársticos, nas atividades antrópicas, nos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, e nas práticas de gestão dos profissionais que lidam com esses instrumentos.



### QUESTIONÁRIO OFICINA TÉCNICA 06/07/2017

#### A) Aspectos do cargo

- 1) A qual instituição o senhor(a) está vinculado(a)? \_\_\_\_\_
- 2) Há quanto tempo o senhor(a) atua na região da APA Carste? \_\_\_\_\_
- 3) Qual a sua função/cargo? \_\_\_\_\_

#### B) Questões

- 1) Dentre os problemas ambientais listados a seguir, quais ocorrem na sua área de atuação e em qual proporção (os pesos variam de 1 a 5, onde 1 é o menor peso e 5 o maior peso)?
  - a)  contaminação hídrica \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - b)  contaminação do solo \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - c)  poluição atmosférica \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - d)  escassez de água \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - e)  abatimentos no terreno \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - f)  deslizamento de encostas \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - g)  esgotamento sanitário \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - h)  disposição inadequada dos resíduos sólidos \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - i)  depredação do patrimônio espeleológico ou cultural \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - j)  inundações \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - k)  supressão da vegetação \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5

Outro: \_\_\_\_\_

- 2) Dentre as atividades econômicas listadas a seguir, quais implicam em significativos impactos ao meio ambiente na sua área de atuação e em qual proporção (os pesos variam de 1 a 5, onde 1 é o menor peso e 5 o maior peso)?
  - a)  agricultura com a utilização de agrotóxicos \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - b)  pecuária intensiva com geração de resíduos \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - c)  Captação irregular de água (aquífero ou superficial) \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - d)  atividades minerárias (beneficiamento e extração) \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - e)  expansão urbana (loteamentos, construção de vias, etc.) \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - f)  atividades industriais \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5

Outro: \_\_\_\_\_

- 3) Dentre os instrumentos de gestão territorial listados a seguir, quais são utilizados por sua instituição e em qual proporção (os pesos variam de 1 a 5, onde 1 é o menor peso e 5 o maior peso)?
  - a)  leis municipais de uso e ocupação do solo \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - b)  zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - c)  plano diretor da bacia hidrográfica do Rio das Velhas \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - d)  zoneamento ecológico e econômico de Minas Gerais \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - e)  plano de manejo das unidades de conservação estaduais \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5
  - f)  diretrizes da RMBH (PDDI) \_\_1\_\_2\_\_3\_\_4\_\_5

Outro: \_\_\_\_\_

**Figura 1.4:** Questionário aplicado aos participantes da Oficina Técnica, realizada em 06 de julho de 2017.

Para cada questão, o participante deveria assinalar as alternativas que ocorrem no seu território de atuação, bem como atribuir um peso à ocorrência dos fenômenos assinalados. Os pesos variam de 1 a 5, onde 1 é o menor peso e 5 é o maior peso. Caso o fenômeno não ocorra na região da APA, a alternativa não deveria ser assinalada. Para a análise do questionário, utilizou-se método estatístico simplificado, no qual foi possível

elaborar gráficos que retratem, quantitativamente, a visão dos atores sobre: os problemas ambientais, as atividades econômicas e os instrumentos de planejamento da área de estudo.

Já os dados qualitativos obtidos através dos grupos focais, foram categorizados, com o intuito de compreender as convergências e divergências entre as visões dos atores envolvidos. Desse modo, o método de análise dos referidos dados se aproxima da técnica de análise de conteúdo (A.C.). Amado (2000) se refere à análise de conteúdo como uma técnica que busca categorizar o conteúdo manifesto nos mais diversos tipos de comunicação. Morais (2014) ainda ressalta que a A.C. trabalha com a materialidade linguística através das condições empíricas do texto, estabelecendo categorias para sua interpretação. Apesar de Amado (2000) estabelecer procedimentos mais engessados no que tange à A.C., a pesquisa seguiu a linha de Morais (2014), na qual:

*Apesar da aparente objetividade da análise de conteúdo, o método não deve ser vinculado num formalismo excessivo ao texto ou à técnica, pois pode prejudicar a criatividade e a capacidade intuitiva do pesquisador. Por conseguinte, não pode ser subjetivo demais para não impor suas próprias ideias ou valores, no qual o texto passe a funcionar meramente como confirmador dessas. (MORAIS, 2014, p. 41)*

Assim como os resultados inerentes ao questionário, os resultados da análise qualitativa dos grupos focais foram apresentados nos capítulos 3 e 5.

## **1.5) ANÁLISE FINAL: ANÁLISE DAS QUATRO DIMENSÕES ABORDADAS AO LONGO DA PESQUISA**

A *Análise Final* tem como principal objetivo realizar uma análise integrada das quatro dimensões abordadas nas seções anteriores: pressões antrópicas (*Caracterização das Pressões Antrópicas*), fragilidade dos sistemas cársticos diante destas pressões (*Pesquisa Bibliográfica e Caracterização das Pressões Antrópicas*), instrumentos de planejamentos urbano e ambiental elaborados para controlar as pressões antrópicas em áreas cársticas (*Pesquisa Documental*), e limitações e possibilidades de tais instrumentos nas práticas de gestão dos profissionais que lidam com questões urbanas e ambientais na área de estudo (*Pesquisa Documental, Caracterização das Pressões Antrópicas e Grupo Focal*).

A partir desta análise integrada foi possível responder às questões e atender aos objetivos propostos na introdução desta tese. Além disso, a partir das abordagens metodológicas adotadas nesta pesquisa, também foi possível testar a hipótese desta tese que considera que a multiplicidade e desarticulação de instrumentos de planejamento

territorial, os tornam cada vez mais flexíveis à instalação de usos degradantes, diante da expansão do tecido urbano da RMBH.

## Capítulo 02

# A DIMENSÃO DO CARSTE NO MUNDO E NA REGIÃO DO CARSTE DE LAGOA SANTA

Paisagens cársticas são caracterizadas por apresentarem um relevo distinto, esculpido por processos de dissolução e hidrodinâmica, que geram formas peculiares a esse tipo de relevo (dolinas, uvalas, lapiás, karrens, kaminitzas, cavernas, dentre outras). A origem da palavra “carste”, que é amplamente conhecida na literatura internacional como “karst”, está associada a uma tipologia de relevo que abrange a Itália, a Eslovênia e a Croácia.

Para Christofolletti (1980) o termo “kras”, que significa campos de pedras calcárias, foi utilizado pela primeira vez para denominar uma paisagem constituída de calcário maciço com feições geomorfológicas peculiares à região Rjeka na Croácia – antiga Iugoslávia. Hardt (2010) relata que o relevo cárstico foi estudado, cientificamente, pela primeira vez na região de *Kras*, nos limites da Eslovênia com a Itália, onde tal relevo é denominado *carso* (Figura 2.1). Já para Travassos (2010), apesar da terminologia “kras”, “carso” ou “karst” não ter sido ainda associada a esse tipo de relevo, o autor considera que os filósofos gregos e romanos foram os pioneiros em descrever a paisagem cárstica. Dentre eles, destaca-se Posidônio de Apameia (135-50 a.C.), que afirma que o rio Timavus sumia entre as montanhas, fluindo em um abismo e somente reaparecia a uma distância de 130 estádios<sup>24</sup>, em direção ao mar (TRAVASSOS, 2010).

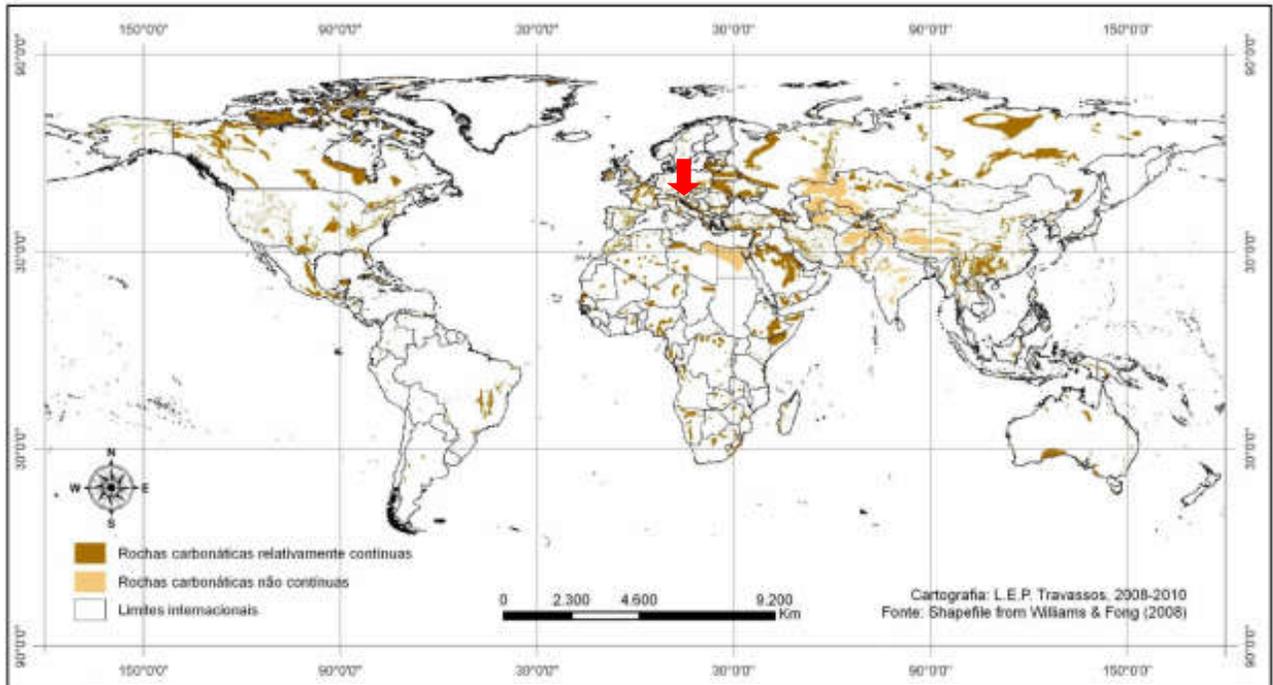
Embora o presente trabalho legitime a ocorrência do carste em rochas não carbonáticas, acredita-se que paisagens cársticas em rochas carbonáticas (calcário e dolomito) apresentam maior grau de complexidade inerente à expressividade de suas formas e ao desenvolvimento de sua drenagem subterrânea. Logo, de modo geral, a fragilidade natural destas paisagens é mais expressiva quando comparada às paisagens cársticas em rochas não carbonáticas e a outros tipos de paisagem. Portanto, aqui se discorrerá sobre paisagens cársticas em rochas carbonáticas, a exemplo da área de estudo, a região do carste de Lagoa Santa.

O relevo cárstico, esculpido em rochas carbonáticas, evidencia uma série de aspectos físicos que favorecem o uso humano em seus diversos modos. Portanto, desde o período paleolítico as formas e recursos naturais inerentes ao carste foram utilizados pelo homem. Por exemplo, as cavernas eram utilizadas com a finalidade de abrigo e as argilas vermelhas eram utilizadas com a finalidade de representação artística, através de pinturas nas paredes das cavernas, durante o período pré-histórico. Até os dias de hoje, os recursos

---

<sup>24</sup> 1 estádio = 41,25 metros.

do carste influenciam no uso e ocupação do solo de tais paisagens, já que esses recursos são fundamentais para a manutenção dos diversos tipos de atividade econômica. Dentre esses usos destaca-se o da água subterrânea, que é historicamente utilizado para o abastecimento de cidades, sobretudo em lugares onde a água superficial é escassa.



**Figura 2.1:** Distribuição das rochas carbonáticas ao longo da superfície terrestre. A seta vermelha indica o Planalto Carso localizado entre as fronteiras da Itália, Croácia e Eslovênia.

**Fonte:** Adaptado de TRAVASSOS (2010)

Se por um lado as paisagens cársticas possibilitam uma série de usos devido aos seus aspectos naturais, por outro lado, a intensificação e o manejo inadequado desses usos repercutem em impactos ambientais significativos. Dentre tais impactos se destacam a contaminação e/ou redução do nível das águas subterrâneas e o colapso de áreas cársticas superficiais, a exemplo das áreas de dolinamento. Desse modo, ao mesmo tempo em que essa paisagem disponibiliza recursos naturais para a manutenção das atividades antrópicas, ela também pode ser uma ameaça aos seres humanos, à medida que alterações na dinâmica e na qualidade das águas subterrâneas e abatimentos no solo podem causar sérios danos materiais e até mesmo humanos.

Tendo em vista esses aspectos é que este capítulo, ao tratar da dimensão do Carste, tem como objetivo fomentar a compreensão acerca das fragilidades dos sistemas cársticos nos âmbitos da literatura clássica que discorre sobre a temática, bem como dos trabalhos técnico-científicos já realizados na região do carste de Lagoa Santa. Portanto, no primeiro

subcapítulo, conceitos básicos sobre termos inerentes à carstologia foram esclarecidos, para que, num segundo momento, possam ser retomados os principais impactos causados aos sistemas cársticos por atividades antrópicas nocivas a este sistema. Já no segundo subcapítulo, realizou-se, baseando-se em trabalhos técnicos-científicos, uma caracterização e espacialização das áreas de maior fragilidade da região do carste de Lagoa Santa no que tange a vulnerabilidade geotécnica do terreno e das águas subterrâneas.

## **2.1) SISTEMAS CÁRSTICOS: FRAGILIDADES INTRÍNSECAS E PRESSÕES ANTRÓPICAS**

Os sistemas cársticos funcionam como pano de fundo que motivam a criação de instrumentos de planejamentos urbano e ambiental. Portanto, torna-se pertinente discorrer sobre as fragilidades deste tipo de paisagem. Em vista disso, este subcapítulo se inicia com uma seção que tem como objetivo discutir acerca das fragilidades intrínsecas do carste, ou seja, as fragilidades inerentes aos seus aspectos físicos (geologia, hidrogeologia, pedologia e geomorfologia). Espera-se que esta discussão favoreça a compreensão das peculiaridades naturais dessa paisagem quando comparadas àquelas paisagens não cársticas. Posteriormente, na segunda seção, serão abordados trabalhos que tratam dos impactos provenientes da interação sistemas cársticos e atividades antrópicas. Esta última seção cumpre aqui função destacada por abordar as tipologias de atividades humanas e seus respectivos possíveis impactos aos sistemas cársticos.

### **2.1.1) A geodiversidade do carste e suas implicações na vulnerabilidade intrínseca de sua paisagem**

O conceito geodiversidade começou a ser utilizado nos anos 1990 por geólogos e geomorfólogos com o intuito de descrever a natureza abiótica. O termo supracitado surgiu num contexto onde medidas protetivas são destinadas, majoritariamente, à biodiversidade (GRAY, 2004). Desse modo, enfatiza-se a necessidade de compreender e relacionar a importância da diversidade dos elementos abióticos perante a manutenção dos seres vivos. Segundo Sharples (2002), a necessidade de conservação da geodiversidade pode ser agrupada em três categorias: (i) valores intrínsecos; (ii) valores ecológicos; e (iii) valores patrimoniais. Ruchkys (2007) esclarece que o valor intrínseco está associado aos aspectos geológicos que, por si só, justificam a conservação e a manutenção da integridade da paisagem em questão. O valor ecológico está relacionado à importância da geodiversidade para a manutenção dos processos biológicos que dela dependem. Já o valor patrimonial

relaciona-se à necessidade de se conservar qualquer tipo de patrimônio para usufruto da humanidade, incluindo o geológico.

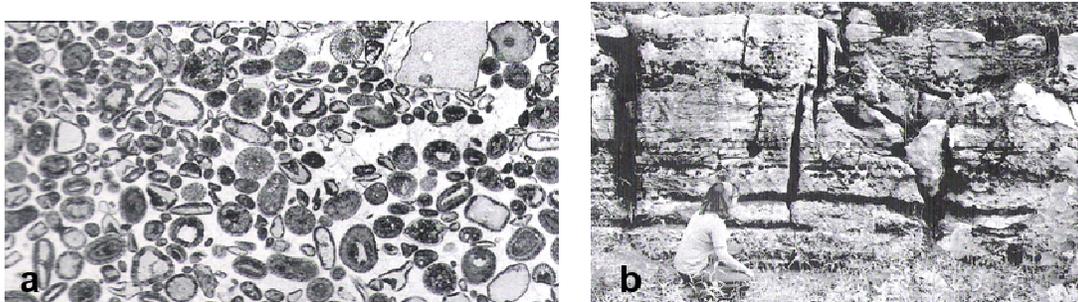
Nesta seção será abordada a geodiversidade do carste no que tange a seus valores intrínsecos, como subsídio à compreensão do como e do quanto aspectos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos e pedológicos tornam essa paisagem frágil e peculiar quando comparada a paisagens não cársticas.

#### 2.1.1.1) Aspectos geológicos e hidrogeológicos

O calcário é uma rocha sedimentar composta por mais de 30% de carbonato de cálcio. De modo geral, a referida rocha é depositada em águas marinhas quentes, onde facilmente precipitam minerais como a calcita e a aragonita. A aragonita, mineral menos estável e mais solúvel do que a calcita, é geralmente depositada em mar raso e quente. Já a calcita é depositada em águas mais profundas e frias (PALMER, 2009).

O processo de gênese e diagênese das rochas carbonáticas é importante para compreender a organização e disposição dos minerais que compõem essas rochas. Para Palmer (2009), os vazios existentes entre os minerais são classificados como *porosidade intergranular* (Figura 2.2-a). Para Piló (2000) tais vazios são denominados *porosidade primária*. Ambas expressões podem ser compreendidas como sinônimas. Além da porosidade primária, a porosidade secundária das rochas carbonáticas também constitui característica marcante nessas rochas.

Na literatura que se refere à gênese de feições cársticas (dolinas, uvalas, cavernas, dentre outras) é consenso que a porosidade secundária das rochas carbonáticas exerce maior influência na gênese dessas feições do que a porosidade primária (PILÓ 2000; FORD e WILLIAMS, 2007 e PALMER, 2009) (Figura 2.2-b). De fato, embora haja algumas exceções, a porosidade primária exerce um papel coadjuvante, e até mesmo ínfimo nos processos de carstificação. Logo, consideram-se como protagonista as fraturas, falhas, juntas e qualquer tipo de descontinuidade, classificada como porosidade secundária.



**Figura 2.2:** (a) Porosidade intergranular ou primária de uma rocha calcária observada através de microscópio e; (b) Juntas e planos de acamamento de uma rocha calcária (porosidade secundária).

**Fonte:** PALMER (2009)

Os aspectos geológicos inerentes à porosidade secundária das rochas carbonáticas são primordiais para se compreender os aspectos hidrogeológicos das paisagens cársticas. Tais porosidades são responsáveis por difundir a água subterrânea e podem se configurar como aquíferos. Segundo Ford e Williams (2007), aquíferos<sup>25</sup> são unidades rochosas, compostas por sedimentos porosos e permeáveis capazes de armazenar e transmitir uma quantidade de água que seja economicamente significativa. Quanto maior a produção de água, mais a unidade rochosa se aproximará do conceito aquífero (KARMANN, 2003).

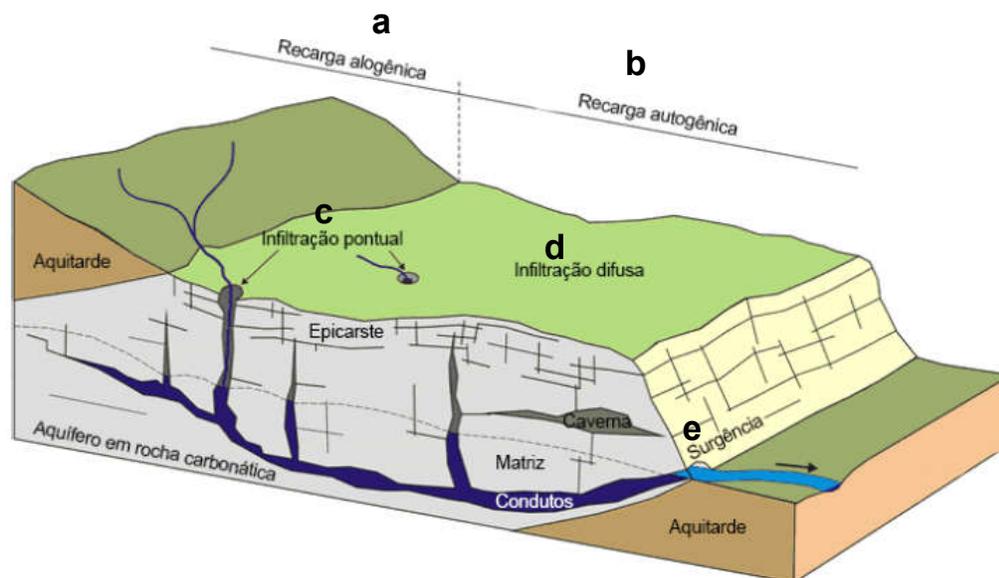
Já o conceito de aquífero cárstico está atrelado aos aquíferos desenvolvidos em rochas carbonáticas expostas a processos de carstificação que formam condutos capazes de transmitir água subterrânea. Segundo Ravbar (2007), baseando-se em referências como White (1988) e Ford e Williams (1989), do ponto de vista hidrogeológico, o que diferencia um aquífero cárstico dos demais tipos de aquíferos é a alta porosidade da rocha em questão. A referida porosidade determina a heterogeneidade da infiltração, assim como o fluxo das águas subterrâneas e a saída (descarga) dos aquíferos cársticos.

Ainda se destacam as seguintes características inerentes ao aquífero cárstico: aspectos relacionados à recarga e aos processos de infiltração. As zonas de recarga do aquífero cárstico podem ser subdividas em duas: (i) alóctone - águas provenientes das áreas adjacentes ao sistema cárstico (exemplo: drenagens provenientes de áreas não cársticas a montante) (Figura 2.3-a); e (ii) autóctone - águas provenientes da área cárstica em questão (exemplo: águas de chuva que precipitam diretamente numa paisagem cárstica) (Figura 2.3-b). Por sua vez, as características inerentes aos processos de infiltração subdividem-se em: (i) infiltração concentrada, pontual ou direta - representada por drenagens superficiais que coletam águas nas superfícies adjacentes, as quais são escoadas e, posteriormente, infiltradas através de “swallow holes” (sumidouros) (Figura 2.3-

<sup>25</sup> Aquífero em latim significa carregar água (KARMANN, 2003).

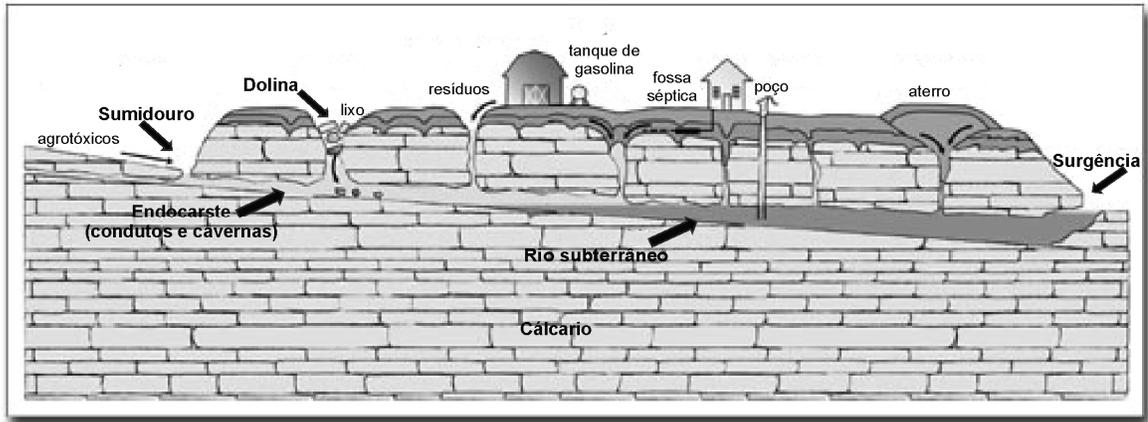
c); e (ii) infiltração difusa – tal processo ocorre através do solo e de zonas não saturadas (Figura 2.3-d) (RAVBAR, 2007).

De modo geral, pode-se afirmar que a complexidade do sistema cárstico torna o aquífero cárstico mais vulnerável do que os aquíferos não cársticos (Ravbar, 2007). A referida vulnerabilidade está atrelada tanto às feições superficiais (os sumidouros, por exemplo), que funcionam como áreas de recarga pontual, quanto à complexidade do meio subterrâneo, o qual é composto por uma rede de condutos interconectados e de difícil mapeamento. Desse modo, as atividades antrópicas desenvolvidas em áreas cársticas se tornam um desafio para o planejamento e para a gestão ambiental, tendo em vista que os resíduos gerados pelas atividades antrópicas são mais impactantes aos sistemas cársticos quando comparados aos demais tipos de sistemas (Figura 2.4).



**Figura 2.3:** (a) Área de recarga alóctone ou halogênica, situada à montante da área cárstica e composta por litologias pouco permeáveis; (b) Área de recarga autóctone ou autogênica, que é representada por paisagens típicas do carste; (c) Infiltração pontual/concentrada, na qual a água superficial é infiltrada através de sumidouros; (d) Infiltração difusa, na qual a água é infiltrada através do solo e zonas não saturadas; (e) Surgência.

**Fonte:** Goldscheider e Drew (2007) traduzido por Tayer (2016).



**Figura 2.4:** Complexidade de uma paisagem cárstica, onde visualizam-se feições exocársticas (sumidouro, dolina e surgência) que são a porta de entrada (recarga pontual) ou saída (descarga) dos contaminantes provenientes das atividades antrópicas (agrotóxicos, lixo, resíduos, gasolina, captação de água subterrânea e aterro) que, através dessas feições, atingem o endocarste (composto por cavernas, condutos e rios subterrâneos), comprometendo a qualidade das águas subterrâneas.

**Fonte:** Adaptado de DeBAUN (2010)

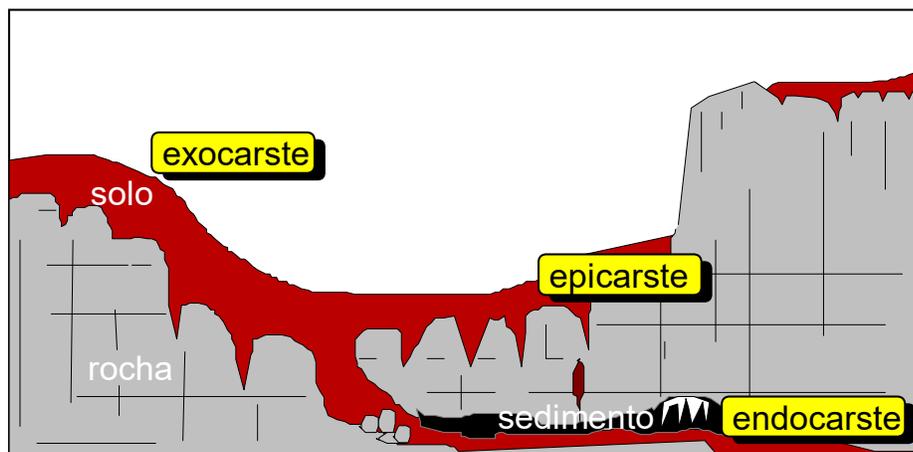
#### 2.1.1.2) Aspectos pedológicos e geomorfológicos

Os aspectos pedológicos e geomorfológicos são importantes à medida que intermediam as fontes de poluição geradas em superfície, as quais são disseminadas em direção ao complexo subterrâneo que envolve o endocarste. Logo, os aspectos físicos localizados próximos à superfície de uma paisagem cárstica podem consistir em evidências da fragilidade natural deste sistema.

O exocarste e o epicarste correspondem, respectivamente, às camadas superficiais e intermediárias de um sistema cárstico. Esse último é delimitado pela zona que corresponde ao material inconsolidado em contato com a rocha e com a superfície (Figura 2.5). Segundo Hardt (2004) *apud* Vasconcelos (2014), os solos em ambientes cársticos são essenciais para controlarem a infiltração e o armazenamento de água. Embora Ford e Williams (2007) considerem que o processo de infiltração da recarga difusa seja mínimo, tendo em vista que solos desenvolvidos nos calcários são pouco espessos, no Brasil, há uma série de estudos que apontam a diversidade de tipos de solos que tem como embasamento o calcário (EMBRAPA, 1975; CODEVASF, 1991; RADAMBRASIL, 1983; CETEC, 1994 *apud* SHINZATO, 1998).

De modo geral, Shinzato (1998) destaca dois grupos de solos desenvolvidos em rochas calcárias que justificam a pedodiversidade em áreas cársticas brasileiras. O primeiro apresenta processos pedogenéticos influenciados diretamente pelo calcário (material de origem), já o segundo é influenciado por outros materiais do solo. O primeiro grupo consiste em solos de pouca profundidade, já o segundo apresenta solos de espessura média a

profunda. Vale ressaltar que a espessura dos solos contribui para a proteção dos aquíferos, tendo em vista que quanto mais profunda a camada pedológica, maior a chance de retenção de contaminantes ao longo do seu perfil (Figura 2.5). Logo, solos de espessura média a profunda em áreas cársticas contribuem para a recarga do tipo difusa (Figura 2.3-d) e postergam a incorporação de contaminantes no fluxo de água subterrânea.



**Figura 2.5:** Perfil esquemático que ilustra a interação entre o exocarste, o epicarste e o endocarste  
**Fonte:** PILÓ (1998)

Se as características do epicarste são importantes no que tange aos processos de recarga difusa, a ocorrência de morfologias exocársticas (Figura 2.5) é importante indicador de recarga do tipo pontual/concentrada. Portanto, a seguir serão referenciadas as principais formas exocársticas que, de modo geral, podem possuir conexão com o meio subterrâneo e potencializam a vulnerabilidade dos aquíferos cársticos frente às pressões das atividades antrópicas em superfície: cavernas, dolinas/ovalas e sumidouros/surgências<sup>26</sup>.

### *Cavernas/Cavidades*

Assim como diversos termos da carstologia, não existe um consenso entre o conceito de caverna e/ou cavidade, tanto no âmbito acadêmico como no âmbito das instituições nacionais e internacionais que têm como objeto a conservação/preservação de tais feições. De modo geral, no que tange o conceito adotado por grande parte dos dicionários e pela UIS<sup>27</sup> (Union Internationale de Spéléologie) cavernas e cavidades são

<sup>26</sup> Apesar de existirem outras feições exocársticas, tais feições foram selecionadas devido à frequência da sua ocorrência nas paisagens cársticas brasileiras, bem como na área de estudo: a região do carste de Lagoa Santa.

<sup>27</sup> Embora a sigla denote uma expressão francesa, a UIS é conhecida internacionalmente como International Union of Speleology. A UIS é uma organização sem fins lucrativos e não-governamental que promove o desenvolvimento de interação entre espeleólogos acadêmicos e técnicos provenientes de uma ampla gama de nacionalidades, com o intuito de desenvolver e coordenar a espeleologia internacional em todos os seus aspectos – científicos, técnicos, culturais e econômicos. (UIS, 2016)

referenciadas como sinônimos e denominadas como **um vazio natural subterrâneo penetrável pelo homem**.

Seguindo a tendência do conceito internacional, o qual restringe as dimensões de uma caverna ao tamanho de um ser humano, a legislação brasileira também adota o referido conceito em suas normas jurídicas que tratam sobre a conservação e proteção de cavernas/cavidades<sup>28</sup>. Do ponto de vista hidrogeológico, tal definição exclui uma gama de condutos subterrâneos que ainda não possuem uma abertura para entrada do ser humano. Ainda é importante salientar que tais vazios também podem ser habitados por espécies que ainda não foram catalogadas. Portanto, apesar desse conceito possuir mérito no que tange ao acesso dos pesquisadores às cavernas/cavidades em questão, do ponto de vista legal, parte dos ambientes subterrâneos podem ser suprimidos em função da referida definição de cavidade/caverna.

Do ponto de vista acadêmico, embora haja divergências, os conceitos inerentes à cavidades/cavernas possuem definições mais detalhadas. Palmer (2009) possui uma visão espeleológica sobre o conceito de caverna/cavidade, ou seja, ainda considera que tais feições se restringem a vazios subterrâneos penetráveis pelo ser humano. Apesar disso, o referido autor diferencia os conceitos “caves” (cavidades) e “caverns” (cavernas). O primeiro está relacionado à conceituação supracitada, já o segundo implica em grandeza, ou seja, possui grandes salões e galerias. Este último é bastante apropriado para atividades turísticas como a Mammoth Cave (localizada no estado de Kentucky, Estados Unidos) e Gruta da Lapinha (localizada no Parque Estadual do Sumidouro – Lagoa Santa/Minas Gerais) (Figura 2.6).



**Figura 2.6:** Entrada da Gruta da Lapinha, caverna turística localizada no Parque Estadual do Sumidouro.

**Autor:** IEF (S/D).

<sup>28</sup>Vide Decreto Federal nº 99.556 de 1990 e Decreto Federal nº 6.640 de 2008.

Palmer (2009) também diferencia as cavidades em 9 tipos: “*solution cave*”, “*volcanic cave*”, “*glacier cave*”, “*stream-cut cave*”, “*wave-cut cave*”, “*shelter cave*”, “*crevice cave*”, “*talus cave*” e “*framework cave*”. Dentre as cavidades supracitadas, destacam-se as “*solution caves*” ou cavidades de dissolução, as quais são formadas pela ação de dissolução da água subterrânea ao escoar por poros e fraturas de rochas solúveis, como o calcário (Figura 2.7). Essa ação alarga estes vazios e é capaz de formar uma rede de condutos subterrâneos os quais podem alcançar centenas de quilômetros<sup>29</sup>. Palmer (2009) ainda salienta que a proteção de cavernas é importante devido a dois papéis científicos desempenhados por tais feições: (i) fornece evidências para reconstituição de um paleoclima terrestre e (ii) é um ecossistema único, tendo em vista que a manutenção de espécies endêmicas é possível graças às peculiaridades de um ambiente cavernícola (ex: presença de zona afótica que favorece a ocorrência de espécies troglomórficas). Do ponto de vista da vulnerabilidade de aquíferos cársticos, a tipologia de caverna que pode representar áreas de recarga concentrada são as “*solutions caves*” ou “*cavernas de dissolução*” (Figura 2.7).

Ford e Williams (2007) adotam uma visão de caráter mais hidrogeológico quando comparados à visão de Palmer (2009) no que tange à denominação de cavidades/cavernas. Os referidos autores definem caverna cárstica como uma entrada alargada por processos de dissolução, num diâmetro suficiente para alcançar a energia cinética que possibilite os processos hidrodinâmicos. Os autores acreditam que um conduto com dimensões superiores a 5 mm -15 mm de diâmetro ou que tenha uma abertura mínima a qual possibilite o limiar de um fluxo laminar para um fluxo turbulento atende os parâmetros de caverna/conduto cárstico (FORD e WILLIAMS, 2007 p. 209). Desse modo, cavernas cársticas para os referidos autores, independem se estes condutos/cavernas possuem abertura acessível ao ser humano.

Os autores supracitados ainda diferenciam as cavidades em “*isolated caves*”, “*protocaves*” e “*integrated caves*”. As “*isolated caves*” ou cavernas isoladas são vazios que apresentam condutos de dimensões mínimas para ocorrência do fluxo turbulento, mas não estão e não estiveram conectados à nenhuma área de recarga ou descarga. O acesso humano a essas cavidades só é possível através de perfurações subterrâneas. As “*protocaves*” são vazios que se conectam à área de recarga e descarga, não sendo ainda largos o suficiente para serem classificados como cavernas. Por fim, “*integrated cave system*”, ou sistema de cavernas integradas, consiste num conduto de dimensões que

---

<sup>29</sup> As maiores cavernas já mapeadas são formadas por esse tipo de processo. A Mammoth Caver, localizada no estado de Kentucky-EUA, possui 600 km mapeados. No Brasil, a Toca da Boa Vista é a cavidade de maior destaque, em termos de dimensão, tal cavidade possui mais de 120 km mapeados (informação de 2013 site: <http://www.bahia.ws/grutas-do-municipio-de-campo-formoso-na-bahia/>)

permitam o fluxo turbulento e que haja conexão entre a área(s) de recarga e área(s) de descarga (FORD e WILLIAMS, 2007 p. 209).



**Figura 2.7:** Cavernas cársticas ou de dissolução desenvolvidas no maciço do Monumento Natural Estadual Lapa Vermelha – Pedro Leopoldo/MG.  
**Fotos:** Manuela Corrêa Pereira (2013)

Apesar de grande parte das regulações brasileiras adotarem de maneira equivocada uma visão espeleológica sobre o carste, vale esclarecer que nem todas as cavernas são cársticas e tampouco uma paisagem cárstica se limita a tais cavidades. É importante salientar que a espeleologia desempenha papel importante na proteção dos aspectos ambientais inerentes às cavernas cársticas e não cársticas. Entretanto, neste trabalho adota-se o conceito de caverna cárstica elucidado por Ford e Williams (2007), tendo em vista que tal conceito permite entendimento mais sistemático sobre a vulnerabilidade das águas subterrâneas que circulam no interior das cavernas cársticas, bem como nos condutos cársticos subterrâneos que compõem uma paisagem cárstica. Em contrapartida, a definição de caverna/cavidade adotada pela legislação brasileira ainda é incipiente, o que acarreta consequências no que se refere à proteção dos sistemas cársticos.

### *Dolinas e Uvalas*

Ford e Williams (2007) definem dolinas como qualquer depressão cárstica fechada de tamanho pequeno a intermediário, independentemente de sua gênese ou contexto climático. Os autores as caracterizam como circulares ou semi-circulares, com diâmetros que variam entre poucos metros e, aproximadamente, um quilômetro. Entretanto, Braga (2013), baseando-se em Waltham et al. (2005), argumenta que depressões fechadas podem ser formadas por processos não cársticos, tais como tectônica, glaciares, deflação eólica nos desertos de areia e através de crateras causadas por vulcões. Apesar deste fato, há consenso na literatura científica de que a ocorrência de dolinas e uvalas constitui forte indício de sistema cárstico.

Piló (1998), baseando-se em White (1988), referencia duas possibilidades de gênese para as uvalas. A primeira está estritamente relacionada ao desenvolvimento de dolinas e é amplamente relatada na literatura. A ampliação destas formas acarretaria a coalescência das mesmas, formando uvalas (Figura 2.8-a). Já a segunda está associada à transformação de vales fluviais em depressões fechadas.

De modo geral, dolinas são classificadas como depressões fechadas. Entretanto, esta definição morfológica não diferencia os tipos de processos inerentes a estas formas. Braga (2013) realiza uma ampla revisão sobre os trabalhos acadêmicos que classificam tais formas quanto aos seus processos morfogenéticos<sup>30</sup> e as classificam em quatro grandes grupos: (a) dolinas de dissolução, (b) dolinas de colapso, (c) dolinas de subsidência e (d) dolinas enterradas.

Segundo Piló (1998), dolinas de dissolução se formam quando ocorre maior dissolução em pontos da rocha que estão mais propensos a esse tipo de processo (fraturas, juntas, planos de acamamento, dentre outros) (Figura 2.8-b). O autor ainda relata que as águas superficiais convergem para a área central de absorção, ponto no qual os processos de dissolução são mais acelerados. As dolinas são formas bastante recorrentes em paisagens cársticas e, quando ativas, funcionam como importantes áreas de recarga concentrada do aquífero cárstico (Figura 2.3-b). Desse modo, são elas formas superficiais de grande importância no que tange à proteção de tais aquíferos, já que a contaminação de águas superficiais que convergem para essas depressões pode ser difundida no ambiente subterrâneo, sobretudo quando estas depressões não possuem significativa cobertura de solo (Figura 2.4).

Dolinas de colapso não são tão recorrentes quanto dolinas de dissolução e sua formação ocorre praticamente de modo instantâneo (WALTHAM et al., 2005 *apud* BRAGA, 2013). Embora os processos mecânicos sejam determinantes na gênese de tais

---

<sup>30</sup> Estudos mais sistemáticos e específicos acerca das dolinas podem ser encontrados em BRAGA (2013), WALTHAM *et al.* (2005), SWEETING (1972) e COSTA & SILVA, (2008).

depressões, processos de dissolução no contato solo/rocha, bem como no endocarste em tetos e paredes de cavidades, geram vazios que acentuam a probabilidade de colapsos (PILÓ, 1998). Os danos materiais e humanos decorrentes do processo de formação destas dolinas podem ser irreparáveis, tendo em vista o caráter instantâneo do colapso. Já as dolinas de subsidências ocorrem quando espessas coberturas de solo são introduzidas nos vazios da rocha cárstica subjacente, acarretando pequenas subsidências em superfície (PILÓ, 1998). Por fim, dolinas enterradas consistem em qualquer tipo de dolina, geralmente as de dissolução, que foram preenchidas por sedimentos decorrentes de alterações ambientais (BRAGA, 2013).

Conforme a abordagem dos autores supracitados, dolinas são feições superficiais e podem ser importantes indicadores ambientais no momento de elaboração de instrumentos de planejamento em áreas cársticas, sobretudo pelo fato das referidas feições serem consideradas pequenas bacias que convergem grande parte da água superficial presente na sua área de influência e, até mesmo, pela possibilidade de serem áreas geotectonicamente instáveis.



**Figura 2.8:** (a) Lagoa dos Mares, depressão cárstica que se assemelha ao formato de uma uvala; (b) Dolina de dissolução localizada na área rural de Matozinhos/MG.

**Fotos:** (a) Manuela Corrêa Pereira (2015) e (b) Vânia Kelle Evangelista Pinto (2015).

### *Sumidouros/Surgências*

Os sumidouros consistem em locais onde cursos superficiais infiltram em pontos de alta permeabilidade e continuam seu curso em subsuperfície (Figuras 2.3-c e 2.9). Na literatura internacional tais feições também são conhecidas como *sinks*, *swallow holes*, *swallets* ou *ponores*.

Costa & Silva (2008) diferenciam os sumidouros em três possibilidades: (a) permanentes – quando são capazes de absorver vazões significativas de cursos fluviais: riachos, córregos e rios; (b) acidentais – quando atuam de forma eventual, como nas enchentes de drenagens superficiais; ou (c) intermitentes – quando tais feições são ativas somente no período chuvoso. Nestas três possibilidades, assim como nas dolinas, os sumidouros podem ser considerados áreas de recarga concentrada, de modo que merecem elas atenção especial durante a elaboração de regulamentações que visem à proteção e manejo em áreas cársticas.



**Figura 2.9:** Sumidouro presente num maciço localizado no interior do Parque Estadual do Sumidouro - Pedro Leopoldo/MG.

**Fonte:** Vânia Kelle Evangelista Pinto (2012)

Já as surgências, também conhecidas como *springs* ou nascentes (Figura 2.3-e), consistem no ponto de retorno do fluxo subterrâneo à superfície, de tal modo que o curso subterrâneo passa a ser superficial. Assim como qualquer tipo de nascente, as áreas adjacentes a esta feição devem ser preservadas, com vistas a conservação da qualidade das águas a jusante.

A elucidação da fragilidade natural das paisagens cársticas é essencial para se compreender em que medida os instrumentos de planejamento territorial abarcam as peculiaridades do carste, visando o manejo sustentável. Além disso, torna-se também

pertinente abordar os diversos tipos de impactos gerados por atividades humanas em áreas cársticas, tema que será abordado na próxima seção.

### **2.1.2) Sistemas cársticos e atividades antrópicas – o que há na literatura sobre os impactos desta interação?**

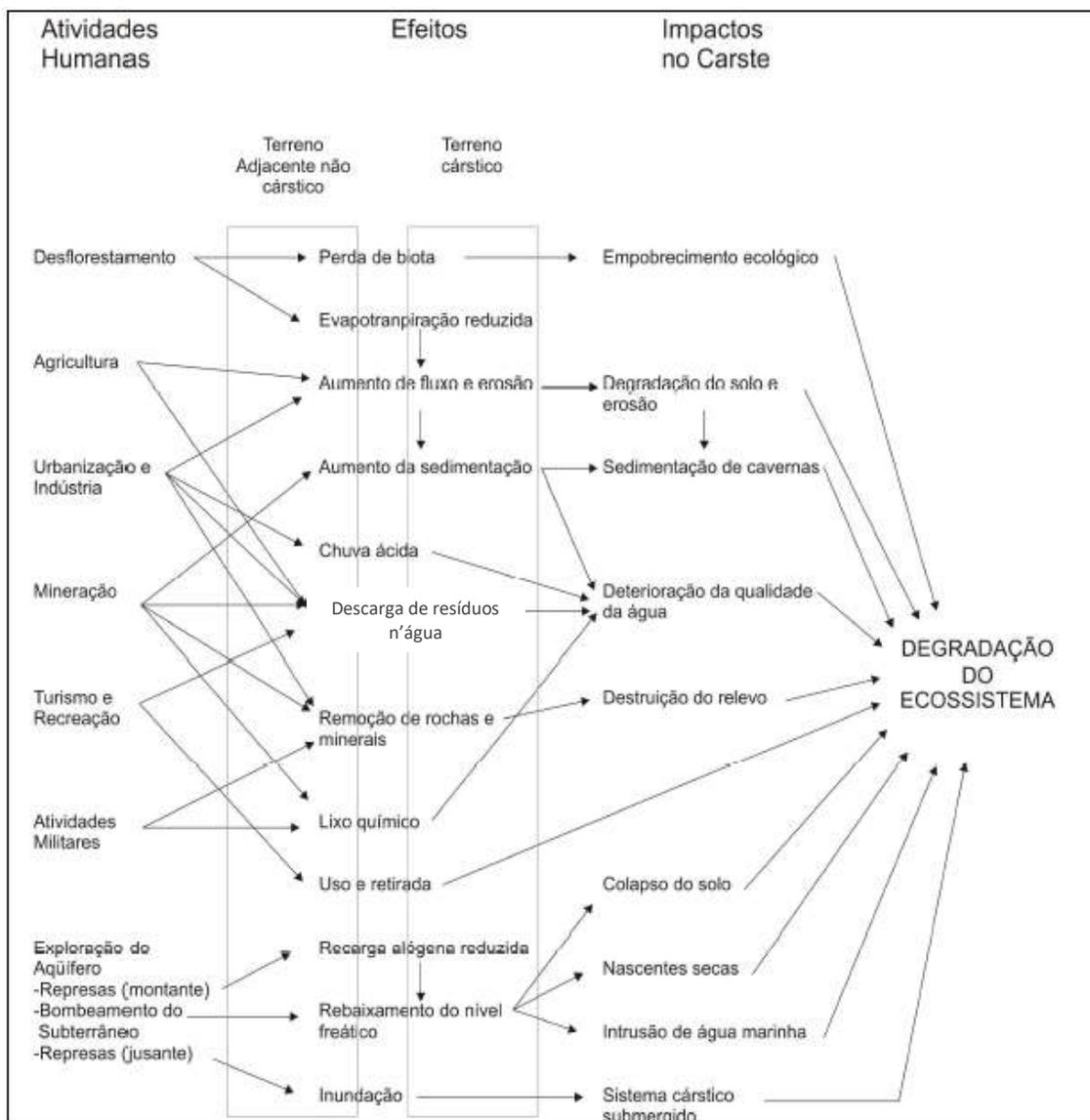
A intensificação das atividades antrópicas acarreta fontes de poluição as quais são mais nocivas em ambientes cársticos devido às peculiaridades naturais desses ambientes, já abordadas na seção anterior. Portanto, nesta seção serão elucidados os principais impactos causados aos sistemas cársticos em função das atividades humanas. Para tanto, serão referenciados trabalhos como “*A historical review of man-karst relationships: miscellaneous uses of karst and their impacts*”, onde Jean Nicod, Maurice Julian e Edward Antony realizam uma revisão histórica detalhada sobre as relações humanas com o carste, associando-as aos impactos causados a este sistema; e “*Humans impacts and environmental rehabilitation*”, onde Derek Ford e Paul Williams descrevem os impactos físicos causados aos sistemas cársticos, associando-os aos diversos usos humanos. Outros autores, para além dos já citados, serão trazidos ao diálogo que se segue.

Para orientar a organização desta seção, optou-se por subdividi-la nas principais atividades que causam impacto ao carste. Portanto, a seleção dessas atividades foi baseada nas atividades apontadas por Ford e Williams (2007) (Figura 2.10), e, sobretudo, nos usos mais impactantes da área de estudo desta tese, conforme apontado por IBAMA (1998) *apud* Tayer (2016). Diante do exposto, a seguir serão abordadas as seguintes atividades antrópicas: desmatamento, agropecuária, urbanização e indústria, mineração e exploração de água<sup>31</sup>.

De modo geral, quando não utilizado com a finalidade de atividades extrativistas madeireiras, o **desmatamento** é uma atividade que antecede outra atividade antrópica. Por exemplo, realiza-se a prática de desmatamento em determinada área para que essa possa ser utilizada para agricultura, pecuária, mineração, urbanização, dentre outros. Desse modo, a retirada da cobertura vegetal sempre acarretará algum dano ambiental ocasionado pelo desmatamento e pelo novo tipo de ocupação. No caso da relação entre os sistemas cársticos e o desmatamento, destacam-se os danos relacionados aos processos erosivos agressivos que de alguma maneira comprometem os recursos hídricos inerentes a essa paisagem (Figura 2.10).

---

<sup>31</sup> Esta última atividade será referenciada ao longo das demais atividades, tendo em vista que a manutenção da agropecuária, urbanização, indústrias e mineração estão estritamente relacionadas à exploração de água.



**Figura 2.10:** Relação entre atividades humanas, efeitos e impactos no carste, elucidados por Ford e Williams (2007) e traduzido por Hardt (2008).

Nicod et al. 1996 destacam como exemplo o carste de Dalmatian, na região da Ístria, palco de desmatamento em prol das intensificações de usos humanos durante a Era do Aço e do Império Romano. Com constantes desmatamentos, durante os referidos períodos, processos erosivos agressivos eram recorrentes nessa região. Esses eventos podem ser constatados pela exposição de lapiás, coluvionamento em vales cársticos e formação de leques aluviais de granulometria grossa em poliés. Gams (1990, 1993), *apud* Nicod et al. (1996), associa a expansão de florestas à retração de processos erosivos, logo após à queda do Império Romano. Já no âmbito do endocarste, “*endokarst markers*”, as cavernas são capazes de conter evidências de impactos ambientais causados pelo homem ao longo da história. Os autores supracitados relatam que no Mediterrâneo irregularidades na

infiltração da água e até mesmo mudanças na sua composição química induzidas pela supressão de vegetação e pela lixiviação do solo podem acarretar um retardo na formação de concreções. Por fim, os autores citam os travertinos como uma importante feição cárstica que indicam mudanças ambientais. Estas feições originam-se em águas que possuem alta saturação de  $\text{CaCO}_3$ , baixa turbidez e condições de represamento. Entretanto, o desmatamento e a intensificação das atividades agrícolas otimizam os processos erosivos, e, historicamente, contribuem para uma maior turbidez, alterações na vazão e composição química das águas cársticas. Logo, tais fatores inibem a formação de travertinos (NICOD et al., 1996).

Ford e Williams (2007) baseiam-se em outras pesquisas, como aquelas conduzidas por Harding & Ford (1993), para compreender os efeitos do desmatamento em áreas cársticas. Na pesquisa supracitada, os autores compararam os efeitos do desmatamento em áreas cársticas e em áreas não cársticas no Canadá. Além disso, foram comparados os métodos de queimada e corte de árvores, no caso, uma floresta de coníferas. Os autores concluem que a perda de solo por desmatamento é 40% mais agressiva nas áreas cársticas quando comparada a perda do solo desenvolvido em rochas vulcânicas. Além disso, quando se compara o método de queimada ao método de corte de árvores, observa-se que no método de queimada a erosão aumenta de modo significativo em áreas cársticas. Já processos erosivos em solos desenvolvidos em rochas vulcânicas possuem a mesma intensidade nos dois métodos de desmatamento supracitados.

Coxon (2011) relata que o desmatamento, o reflorestamento e a conversão de pradarias em lavouras implicam mudanças na dinâmica da recarga subterrânea devido às taxas de evapotranspiração, já que a cobertura vegetal auxilia na retenção da água e a disponibiliza de forma gradual para o aquífero. Apesar disso, os processos erosivos mais uma vez são explanados como o processo mais impactante gerado pelo desmatamento. A autora supracitada relata que inundações podem ser motivadas pelo desmatamento, à medida que os sedimentos gerados pelos processos erosivos adentram os condutos cársticos e o obstruem, motivando inundações e emergências de drenagens superficiais à montante.

Apesar da fragilidade do carste diante do desmatamento, Ford e Williams (2007) ressaltam o paradoxo desta paisagem: ainda que os processos erosivos sejam mais agressivos no carste quando comparado a outros tipos de paisagem (Figura 2.11), a capacidade de regeneração da vegetação que a compõem é surpreendente. Apesar da grande quantidade de solo retirado pelos processos erosivos, as espécies arbóreas conseguem se desenvolver através do epicarste, que é capaz de armazenar água e nutrientes para a manutenção destas espécies.



**Figura 2.11:** Feição cárstica denominada “stone teeth”. Esta feição aflorou no solo após processos erosivos que se tornaram mais intensos devido ao desmatamento nos planaltos de Papuá Nova Guiné.

**Fonte:** Ford e Williams (2007)

Segundo Coxon (2011), a **agropecuária** é a atividade antrópica mais presente em áreas cársticas. Nicod et al. (1996) relatam o início da realização deste tipo de atividade na Antiguidade Clássica em função das surgências cársticas, diante de uma paisagem incipiente do ponto de vista das drenagens superficiais. Segundo os autores, a utilização de águas cársticas para a agricultura está historicamente associada a países mediterrâneos. Entretanto, a referida prática também foi empregada por índios que habitavam os vales áridos das montanhas rochosas, até mesmo antes da conquista espanhola; um exemplo é o Montezuma Castle no Arizona. As técnicas de captação de águas cársticas em áreas semi-áridas do mediterrâneo Islâmico também são destaque para criação de áreas irrigadas que potencializaram as atividades agrícolas (NICOD et al., 1996).

Ford e Williams (2007) relatam que feições cársticas como dolinas, uvalas e poliés têm sido historicamente utilizadas pelas práticas agrícolas. A impermeabilização artificial das duas primeiras feições favorece o cultivo de arroz no carste chinês, por exemplo. Entretanto, tal manejo compromete o aquífero em questão. Coxon (2011) relaciona o comprometimento dos aquíferos cársticos às técnicas de irrigação e drenagem destinadas aos diversos tipos de atividades agrícolas. A irrigação pode causar impactos no local da retirada da água, já o excesso de água implica na elevação do lençol freático. Por outro lado, a terra irrigada pode

fornecer uma nova fonte de recarga para o aquífero cárstico com problemas potenciais de salinização. As mudanças da qualidade das águas subterrâneas, devido à irrigação, estão associadas a processos de lixiviação de substâncias químicas naturais e artificiais (COXON, 2011).

Gillieson & Thurgate (1999) *apud* Coxon (2011) destacam que práticas agropecuárias inadequadas em área de recarga do carste (concentração de gado na entrada de cavernas ou próximo a sumidouros) podem causar severa contaminação através da recarga do tipo concentrada, composta por microrganismos fecais e nutrientes (Figura 2.12). Feições como sumidouros fornecem acesso direto aos aquíferos, sem nenhum tipo de atenuação. Desse modo, contaminantes como fosfato e pesticidas absorvidos pelos sedimentos suspensos podem adentrar os condutos cársticos através da recarga pontual que, por sua vez, permitem a rápida transmissão de contaminantes através do fluxo com a mínima oportunidade de atenuação. Logo, o curto tempo de residência do fluxo subterrâneo também implica um obstáculo para remediar as ações dos contaminantes no abastecimento de água para uso humano.

Já **urbanização/industrialização** consistem em atividades antrópicas que modificam de forma significativa o uso do solo. Em paisagens cársticas, do ponto de vista histórico, Nicod et al. (1996) relatam a necessidade da construção de aquedutos para garantir o abastecimento das cidades que emergiam desde a Antiguidade Clássica até a Idade Média. Os autores ainda relatam a utilização de feições cársticas para otimização das atividades produtivas da Idade Moderna. Dentre estas atividades destaca-se a utilização de surgências que possuem alta vazão, a exemplo de moinhos de águas destinados à geração de energia em diversas fábricas do século XIX.

Até a Idade Moderna a preocupação do homem era se adaptar às peculiaridades dos sistemas cársticos. A partir da Idade Contemporânea as atividades humanas inerentes à industrialização/urbanização passam a se apropriar de forma mais intensa dos recursos destas paisagens, sobretudo da água subterrânea. Além disso, a produção de resíduos tanto das aglomerações urbanas como das atividades industriais, quando não manejados de maneira adequada, aumenta a vulnerabilidade dos aquíferos cársticos, sobretudo no que tange à qualidade da água.



**Figura 2.12:** Pastagem próxima a um maciço que contém feições cársticas, inclusive cavernas – Matozinhos/MG

**Foto:** Manuela Corrêa Pereira (2016).

Tolmachev e Leonenko (2011)<sup>32</sup> tratam dos riscos e desafios de atividades urbanas/industriais em ambientes cársticos. Os autores sintetizam os quatro principais riscos derivados destas atividades: (i) poluição intensiva no ambiente subterrâneo; (ii) probabilidade de danos e destruições significativas; (iii) problemas relacionados à fundação e instalações subterrâneas; e (iv) excessiva captação de águas subterrâneas. O primeiro e o quarto consistem em riscos que foram motivados por atividades antrópicas, ou seja, tanto a contaminação do ambiente subterrâneo devido à poluição antrópica, como a excessiva captação de águas subterrâneas se configuram como riscos aos seres humanos, mas que foram motivados por atividades antrópicas urbano/industriais. Já o segundo e terceiro risco não estão, necessariamente, atrelados a causas antrópicas, estes dois riscos podem ser originados tanto naturalmente, proveniente das fragilidades naturais do carste, como antropicamente, motivado por interferências antrópicas (Figura 2.13).

---

<sup>32</sup>No trabalho intitulado “Experience in collapse risk assessment of building on covered karst landscapes in Russia”, Vladimir Tolmachev e Mikhail Leonenko tratam da experiência da engenharia em lidar com riscos inerentes ao carste na Rússia.



**Figura 2.13:** Dolina cárstica induzida por vazamento em tubulação subterrânea no ano de 2009 - Dzerzhinsk/Rússia.

**Fonte:** Tolmachev e Leonenko (2011).

A poluição intensiva de origem antrópica no ambiente subterrâneo pode estar associada a qualquer tipo de atividade humana, seja de origem urbano/industrial, seja de origem agropecuária (como relatado anteriormente). Os riscos provenientes das grandes aglomerações urbanas, de modo geral, estão associados à ausência ou manejo inadequado de resíduos sólidos e efluentes. O manejo inadequado de resíduos sólidos urbanos pode comprometer aquíferos cársticos, notadamente através da recarga do tipo difusa. Logo, a destinação final adequada dos resíduos é essencial para se evitar este tipo de risco. Já o risco de contaminação por efluentes pode comprometer o aquífero tanto através da recarga difusa, como através da recarga pontual/concentrada. Na primeira situação, o ambiente subterrâneo pode ser contaminado através de fossas que não possuem nenhum tipo de tratamento. A segunda situação pode ocorrer quando, apesar das residências estarem aderidas à rede de esgoto, este é lançado sem nenhum tipo de tratamento nos cursos fluviais superficiais. Estas drenagens podem apresentar sumidouros ao longo do seu curso, desse modo, o ambiente subterrâneo pode ser contaminado através do tipo de recarga pontual/concentrada.

Do ponto de vista industrial, a atenção quanto ao manejo de resíduos sólidos e efluentes também deve ser priorizada. Tolmachev e Leonenko (2011) citam os principais tipos de indústrias russas que causam poluição significativa em ambientes cársticos:

fábricas de produtos químicos, usinas nucleares, depósitos de armazenagem de petróleo, postos de gasolina e oleodutos.

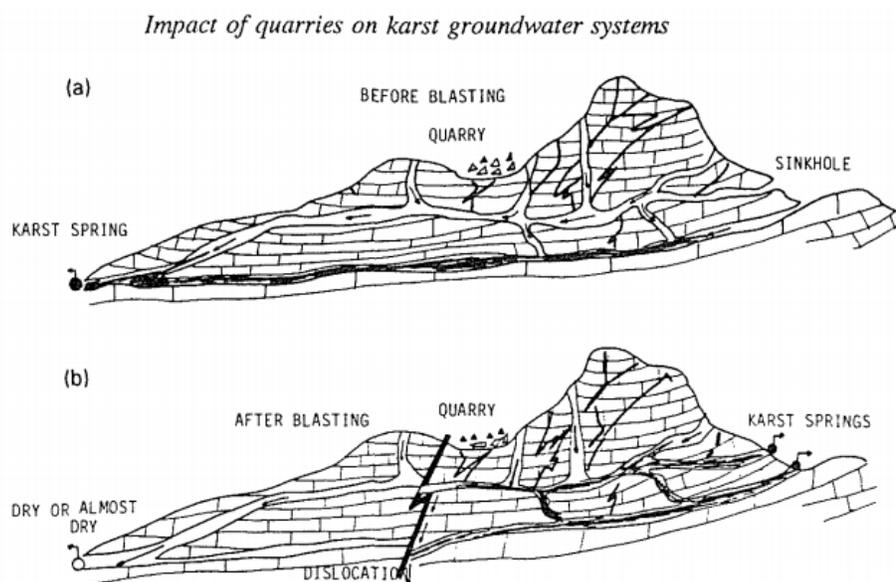
Já as questões inerentes à probabilidade de danos e destruições significativas e a problemas relacionados à fundação e instalações subterrâneas, podem estar relacionados tanto às causas naturais como às causas antrópicas. No primeiro caso, deve-se considerar que a paisagem cárstica está em constante evolução, tendo em vista que mediante a intensificação dos processos de carstificação os vazios subterrâneos aumentam e favorecem a ocorrência de colapsos em superfície, a exemplo das dolinas. No segundo caso, a crescente captação de água subterrânea para o abastecimento humano (que diminui a vazão das águas presentes nos condutos cársticos), associada à crescente edificação e pavimentação em superfície (que impermeabiliza o solo e inibe a recarga difusa do aquífero), podem otimizar processos naturais de abatimento. Em ambos os casos, os danos humanos e materiais podem ser irreparáveis. Esse fato aponta para a importância de se monitorar áreas de instabilidade geotécnica em paisagens cársticas.

Por fim, as **atividades minerárias** têm sido realizadas historicamente em áreas cársticas, seja por interesses etnológicos, seja por interesses econômicos. Nicod et al. (1996) relatam que do interior de cavernas cársticas foram extraídas bauxitas, calcitas, argilas residuais, areias e, sobretudo o salitre, desde o paleolítico até os dias de hoje. Ford e Williams (2007) ressaltam a importância da extração de blocos de calcário e dolomitos na construção de palácios, prédios públicos e igrejas entre os séculos XII e XIX na Europa e, posteriormente, nos EUA e Canadá. Atualmente o calcário continua sendo extraído e é utilizado na fundação de rodovias, ferrovias, estacionamentos e, até mesmo, como matéria prima do cimento que será utilizado nos diversos segmentos da construção civil, inclusive no Brasil.

Embora de reconhecida importância econômica, o manejo inadequado da mineração em áreas cársticas pode acarretar impactos tanto em termos de qualidade das águas dos aquíferos, como em mudanças no padrão de drenagem dos sistemas subterrâneos. Ford e Williams (2007) atribuem o manejo inadequado de rejeitos de atividade minerárias, como silte e óleo, como possíveis responsáveis pela contaminação da água subterrânea, os quais serão rapidamente dispersados através dos condutos cársticos. Já Ekmekçi (1990) considera que a remoção em grande escala de rochas carbonáticas acelera os processos de recarga, inclusive cicatrizes geradas por este tipo de atividade econômica podem funcionar como áreas de recarga concentrada, que convergem as águas superficiais para o sistema subterrâneo de modo rápido e abrupto. Desse modo, os contaminantes não se restringiriam aos rejeitos gerados pela mineração, mas também pelas demais atividades adjacentes à cicatriz em questão.

Quanto aos impactos que acarretam mudanças no padrão de drenagem subterrâneo, Nicod et al. (1996) destacam que antigos eixos de minas que têm modificado o sistema de drenagem do carste, podem resultar em subsidência e modificação das condições de fluxo da superfície, secando nascentes e cursos d'água. Ekmekçi (1990) destaca que a ocorrência de explosões relacionadas à mineração em áreas cársticas pode acarretar na destruição ou rompimento do curso do fluxo subterrâneo. Desse modo, ocorrerão mudanças no padrão de circulação e na quantidade das águas subterrâneas que fluem através do sistema cárstico. Para ilustrar este argumento, o autor supracitado ilustra uma situação hipotética na mudança do padrão de drenagem das águas subterrâneas devido a uma explosão relacionada à atividade minerária (Figura 2.14). Neste caso, houve uma inversão dos sumidouros e surgências que compunham esta paisagem cárstica. Desse modo, o sistema de captação de água subterrânea poderia estar comprometido.

Esta seção buscou estabelecer um panorama dos principais impactos provenientes das interações de atividades humanas e sistemas cársticos. O entendimento destes impactos é essencial para compreensão da vulnerabilidade do carste da região de Lagoa Santa frente às pressões antrópicas. Portanto, no próximo subcapítulo, pretende-se caracterizar as fragilidades naturais e as pressões antrópicas da área de estudo.



**Figura 2.14:** Impactos da mineração nos sistemas cársticos: (a) fluxo subterrâneo, antes das explosões provenientes das atividades minerárias – destacam-se as surgências ou “karst springs” na porção esquerda da figura; e (b) mudança drástica do fluxo subterrâneo após explosões provenientes das atividades minerárias que implicaram num entupimento dos condutos cársticos e, conseqüentemente, no padrão de drenagem subterrâneo – destacam-se as surgências ou “karst springs” que agora emergem na porção direita da figura.

**Fonte:** Ekmekçi (1990).

## **2.2) O CARSTE DA REGIÃO DE LAGOA SANTA: DELIMITAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS FRAGILIDADES DA ÁREA DE ESTUDO**

No subcapítulo anterior buscou-se fundamentar teoricamente os temas pertinentes à fragilidade intrínseca dos sistemas cársticos e aos impactos provenientes da interação sistemas cársticos e atividades humanas. Neste subcapítulo, torna-se essencial delimitar a área de estudo desta tese, bem como caracterizar e espacializar as áreas mais frágeis da região do carste de Lagoa Santa, para que, no próximo capítulo, possam ser caracterizadas as pressões antrópicas motivadas pela expansão do tecido urbano da RMBH. Desse modo, este subcapítulo subdivide-se em duas seções: (i) a primeira discorre acerca da delimitação da área de estudo, bem como aspectos gerais inerentes a ele; (ii) já a segunda seção busca caracterizar e espacializar as fragilidades inerentes ao sistema cárstico da região do carste de Lagoa Santa – vulnerabilidade geotécnica e das águas subterrâneas – e, para tanto, baseou-se na literatura científica e técnica que trata de aspectos geológicos, hidrogeológicos, pedológicos e geomorfológicos da área de estudo.

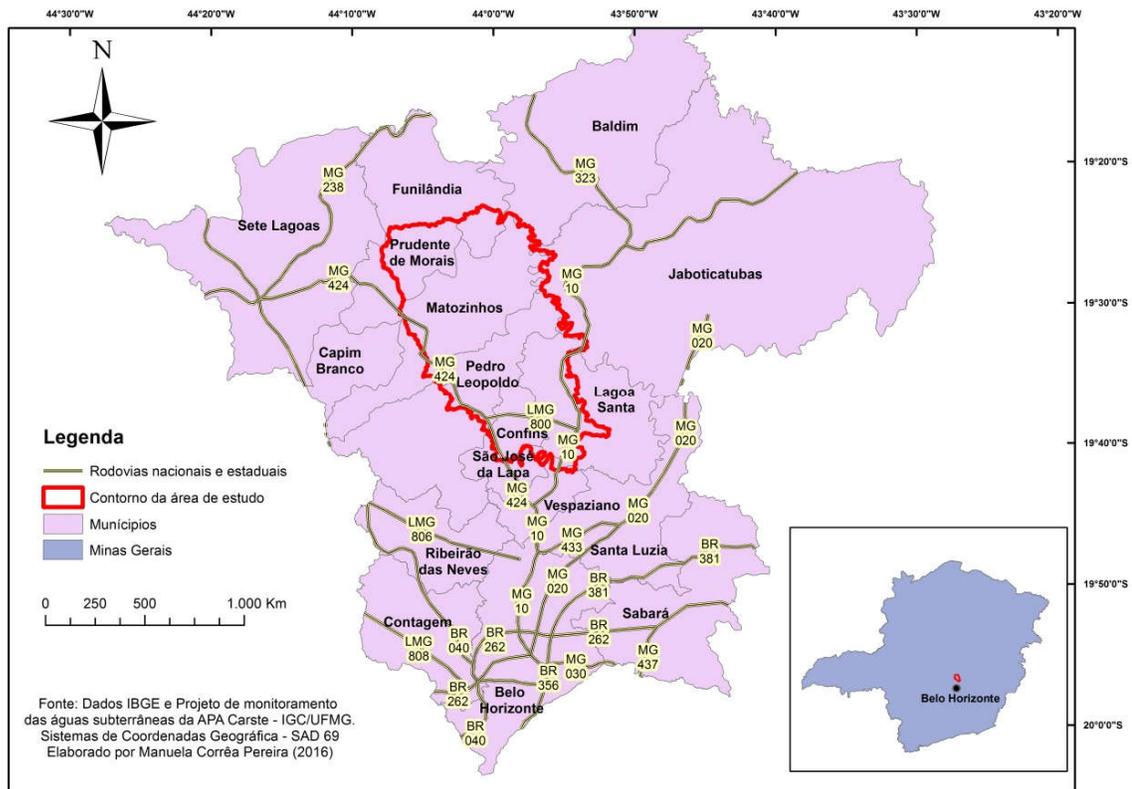
### **2.2.1) Aspectos gerais e delimitação da área de estudo**

A área de estudo abrange grande parte dos municípios do vetor norte de expansão urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Lagoa Santa, Confins<sup>33</sup>, Pedro Leopoldo e Matozinhos), inclusive os municípios de Prudente de Moraes e Funilândia que se localizam no colar metropolitano de Belo Horizonte. A referida área pode ser acessada pelas rodovias estaduais MG10, MG424 e LMG800 (Figura 2.15).

A região do carste de Lagoa Santa foi alvo do interesse de pesquisadores e naturalistas do século XIX, a exemplo de Peter Wilhelm Lund (1801-1880) e Johannes Eugenius Bülow Warming (1841-1924). Peter Lund, o dinamarquês considerado pai da paleontologia, se fixou em Lagoa Santa no ano de 1835 até o fim de sua vida. O referido naturalista pesquisou 800 grutas e abrigos rochosos da região, onde coletou mais de 12 mil fósseis e fragmentos ósseos pertencentes a 100 gêneros e 149 espécies fósseis (LUNA FILHO, 2007). Já Eugenius Warming, botânico dinamarquês, em 1863 se fixou em Lagoa Santa e durante três anos atuou como secretário de Peter Lund, tendo desenvolvido estudos sobre a vegetação local que resultaram na publicação de livro cujo tema é a vegetação de Lagoa Santa (KLEIN, 2000).

---

<sup>33</sup> Este é o único município que está, inteiramente, localizado na área de estudo.



**Figura 2.15:** Localização e acesso à área de estudo, a qual se insere no contexto metropolitano de Belo Horizonte.

Na segunda metade do século XX, as pesquisas de caráter geológico-geomorfológico ganham destaque na região do carste de Lagoa Santa. Tricart (1956) é pioneiro em descrever o carste “das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte”. Segundo Piló (1998), o termo “Região Kárstica de Lagoa Santa” foi empregado pela primeira vez por Barbosa (1961) e, posteriormente, a referida região foi delimitada por Kohler *et al.* (1978).

Os autores supracitados consideraram os seguintes limites atribuídos ao carste de Lagoa Santa: limita-se a leste pelo Rio das Velhas, a oeste pelo Ribeirão da Mata, a sul pelo contato do embasamento gnáissico Pré-Cambriano com os calcários do Grupo Bambuí (próximo à Vespasiano), e a norte pela vizinhança de Fidalgo-Matozinhos (PILÓ, 1998). Piló (1998) ainda relata que Auler (1994) pesquisou uma área semelhante aos limites estabelecidos por Kohler (1978), entretanto, intitulou tal região como “Carste de Matozinhos – Pedro Leopoldo”.

O termo “carste de Lagoa Santa” também foi adotado pelo IBAMA, através do Decreto nº 98.881/1990-a, o qual determina a criação da APA Carste Lagoa Santa (BRASIL, 1990-a). Entretanto, apesar dos limites da APA Carste de Lagoa Santa abranger parte da região do carste de Lagoa Santa, a referida UC não contempla em seus limites todo o

sistema cárstico desta região. Alt (2008) relata que a delimitação da APA Carste de Lagoa Santa foi baseada em critérios técnicos, mas também políticos. Desse modo, a adoção dos limites da APA carste de Lagoa Santa não é viável para esta pesquisa, já que o sistema cárstico da região de Lagoa Santa ultrapassa seus limites<sup>34</sup>.

Neste contexto, buscou-se delimitar a área de pesquisa através de critérios geológicos e hidrográficos. O critério geológico fundamentou-se na ocorrência dos membros Lagoa Santa e Pedro Leopoldo da Formação Sete Lagoas, os quais são compostos por calcários propensos à carstificação. Já o critério hidrográfico foi fundamental na delimitação do escoamento superficial das águas (quando possível), o qual abarca tanto rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas, quanto rochas não carbonáticas de outras formações geológicas.

As unidades hidrográficas, a exemplo de microbacias, foram utilizadas como critério de delimitação, tendo em vista que a região do carste de Lagoa Santa não possui expressividade territorial para que unidades hidrográficas de escala menos detalhada (sub-bacias e bacias) possam ser delimitadas. Segundo Faustino (1996) a microbacia consiste numa área onde toda a sua rede de drenagem escoar em direção ao curso principal de uma sub-bacia; este mesmo autor ressalta ainda que microbacias, de modo geral, apresentam área inferior a 100 Km<sup>2</sup>. A área de estudo em questão possui cerca de 546 Km<sup>2</sup> e, além das drenagens de menor ordem, é drenada pelo Rio das Velhas à leste e pelo Ribeirão da Mata à oeste (Figura 2.16).

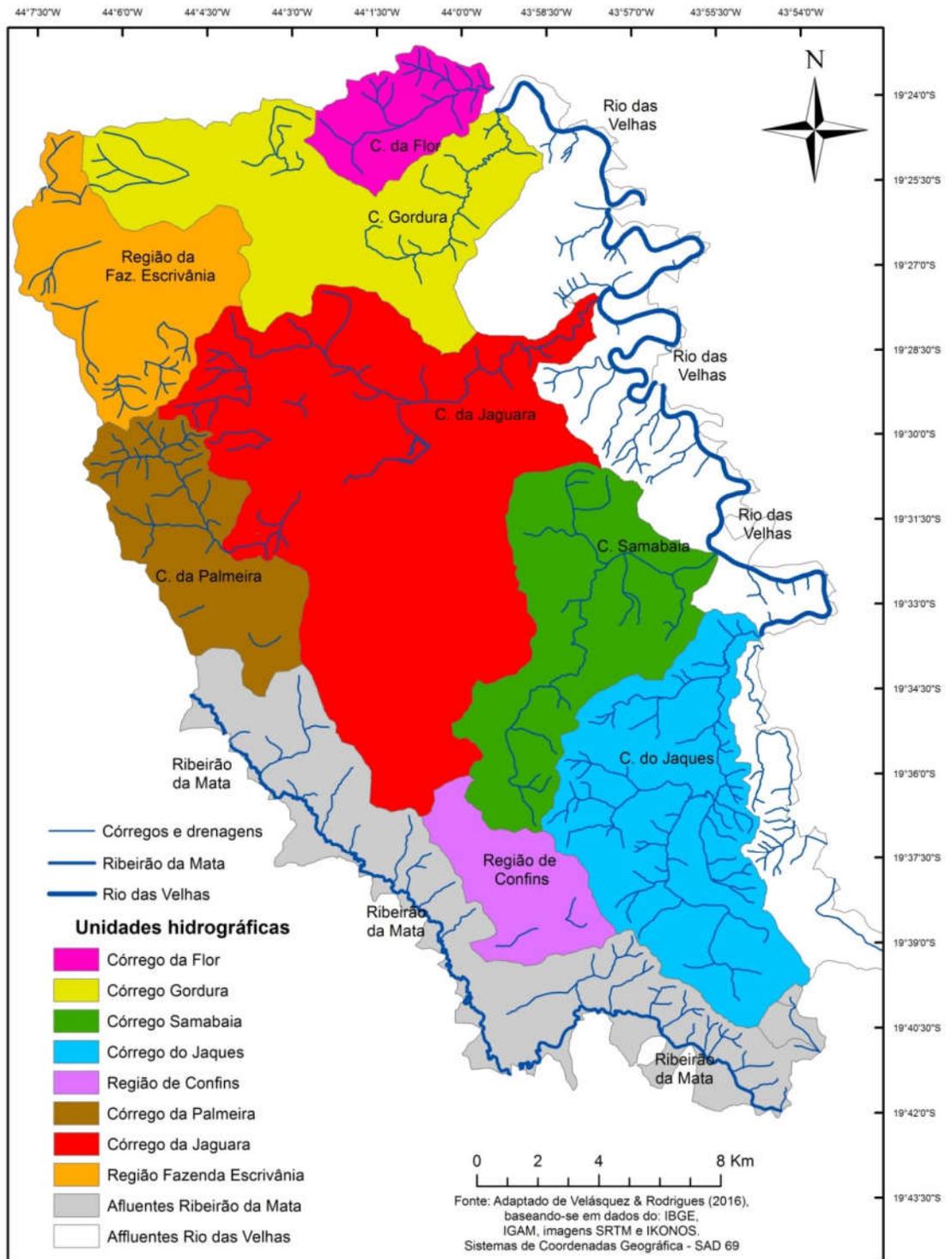
Para a delimitação das microbacias, inicialmente, buscou-se delimitá-las através de técnicas de sensoriamento remoto<sup>35</sup>, entretanto, o resultado obtido em gabinete é incompatível com a realidade hidrográfica da área de estudo. Por se tratar de um relevo cárstico, drenagens superficiais foram geradas em áreas que já foram previamente caracterizadas pela baixa densidade de drenagem. Desse modo, optou-se por utilizar dados secundários que estão em consonância com o propósito da delimitação da área de pesquisa. Foram então adotados os limites de microbacias definidos por Velásquez & Rodrigues (2016)<sup>36</sup>, mediante adaptações quanto a área de abrangência espacial desta pesquisa (Figura 2.16).

---

<sup>34</sup> No capítulo 5 foi realizada uma discussão mais profunda sobre os limites da APA Carste.

<sup>35</sup> Utilizou-se o software ArcGIS, bem como os algoritmos correspondentes às seguintes ferramentas: "flow direction" para traçar os caminhos do escoamento superficial na imagem SRTM; "sink" para diagnosticar os erros da imagem; "fill" para preencher os vazios encontrados pela ferramenta "sink"; "flow accumulation" para determinar a acumulação do fluxo; e por fim, a raster calculator, onde foi inserida uma expressão de condição: Con ("flow\_accumulatio.tif" > 100,1). O tutorial elaborado por Santos (2013) possui informações mais detalhadas acerca destes procedimentos.

<sup>36</sup> Velásquez & Rodrigues (2016) delimitaram as microbacias da área de estudo. Entretanto, este mapa ainda não está finalizado, tendo em vista que um dos objetivos dos pesquisadores é delimitar a bacia hidrogeológica da região do carste de Lagoa Santa. Os pesquisadores supracitados fazem parte do "Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas em áreas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado à área piloto da APA Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais".



**Figura 2.16:** Delimitação de unidades hidrográficas da área de estudo. Observe que essas unidades são limitadas a oeste pelo Ribeirão da Mata e a leste pelo Rio das Velhas.

Velásquez & Rodrigues (2016) delimitaram 12 microbacias na área de estudo de interesse desta pesquisa. Entretanto, ao sobrepor o mapa hipsométrico (gerado através de imagem SRTM), a imagem de satélite Ikonos e a rede hidrográfica disponibilizada pelo site do IGAM, constatou-se que as microbacias intituladas “Lote Bom Jesus” e “Retiro” eram afluentes do Ribeirão da Mata. Desse modo, incorporaram-se todos os afluentes do Ribeirão da Mata a uma mesma unidade hidrográfica intitulada “Afluentes do Ribeirão da Mata” (Figura 2.16). O mesmo critério foi adotado para os afluentes superficiais do Rio das Velhas (Figura 2.16). As demais microbacias delimitadas por Velásquez & Rodrigues (2015) foram mantidas (Figura 2.16). Optou-se também por utilizar o termo genérico “unidades hidrográficas”, já que não foram discriminadas as microbacias das unidades “Afluentes do Ribeirão da Mata” e “Afluentes do Rio das Velhas”.

### **2.2.2) O que há de frágil na região do carste de Lagoa Santa?**

Apesar da fragilidade do carste Lagoa Santa ter sido salientada em alguns trabalhos de cunho acadêmico, a exemplo de Tricart (1956) e Kohler (1989), o primeiro esforço voltado para a caracterização e vulnerabilidade geológica com o intuito de embasar o planejamento territorial da região foi o PROJETO VIDA/CPRM, elaborado em 1994. Este projeto resultou na elaboração de mapeamentos geotécnico, geológico, geomorfológico, pedológico e do uso da terra, destacando-se as características físicas que podem implicar em riscos humanos e materiais, conforme distintas tipologia de uso e ocupação do solo. Meneses (2003) relata que o mapeamento geomorfológico teve como objetivo apresentar uma visão global do relevo e do estágio de degradação da área por erosão acelerada, com vistas a subsidiar futuras ações relativas ao planejamento do uso e ocupação da região. Já o mapeamento pedológico, através da identificação das classes de solos e sua distribuição geográfica, buscou contribuir para Zoneamento Ecológico Econômico da região (MENESES, 2003). O mesmo objetivo norteou os demais temas mapeados no intuito de fomentar o planejamento e a gestão territorial segundo as fragilidades intrínsecas da área.

Mais tarde, em 1998, foram publicados pela CPRM os estudos técnicos que embasaram o zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa. Estes estudos foram fundamentados em informações geradas pelo projeto VIDA, além de incorporarem aspectos de ordem socioeconômica e biótica essenciais à gestão da unidade de conservação em questão. Dentre as informações levantadas para fundamentar o zoneamento, destacam-se o mapa geológico, o mapa de vulnerabilidade do aquífero e o mapa de regiões de alta vulnerabilidade geotécnica da APA Carste de Lagoa Santa, os quais são descritos a seguir.

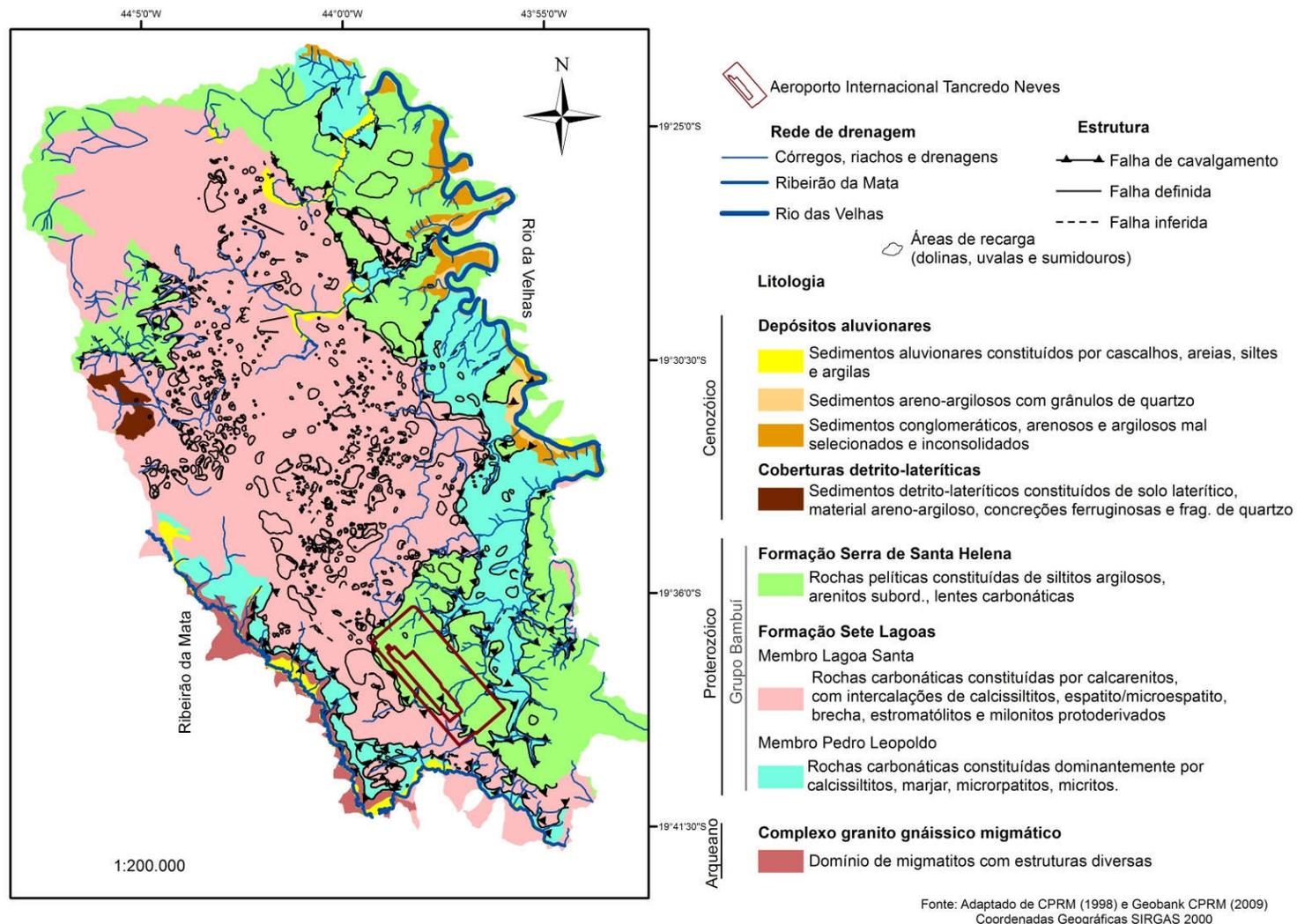
A geologia é primordial para se compreender a espacialização da vulnerabilidade do carste na área de estudo. Conforme o mapeamento geológico realizado pela CPRM (1998a)

(Figura 2.17), a área de estudo é composta por rochas arqueanas, proterozoicas e cenozoicas. O complexo granito gnáissico migmático arqueano constitui a base estratigráfica da área de estudo e é superficialmente encontrado na porção sudoeste da área, bordejando o Ribeirão da Mata (Figura 2.17).

Já as rochas proterozóicas do Grupo Bambuí destacam-se pela sua ampla abrangência espacial e por sua influência na morfologia cárstica. As rochas do Membro Pedro Leopoldo (Figura 2.17), apesar de carbonáticas, não são tão sensíveis aos processos de carstificação, visto consistirem em calcários que tendem a ser impuros (CPRM, 1994). Já o Membro Lagoa Santa se destaca pela ocorrência de rochas carbonáticas constituídas por calcarenitos mais propensos aos processos de carstificação, em razão de possuírem mais de 90% de carbonato de cálcio e considerável porosidade secundária. Na figura 2.17, observa-se que o Membro Lagoa Santa apresenta uma densidade incipiente de drenagens superficiais, assim como uma alta densidade de feições exocársticas, tais como dolinas, uvalas e sumidouros. A Formação Serra de Santa Helena, na área de estudo, está posicionada no topo da coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, sendo composta por rochas pelíticas que ocorrem nas porções norte e sudeste da área de estudo. Os depósitos aluvionares, de modo geral, acompanham a rede hidrográfica superficial, estando as coberturas detrito lateríticas em evidência na porção oeste da área investigada (Figura 2.17).

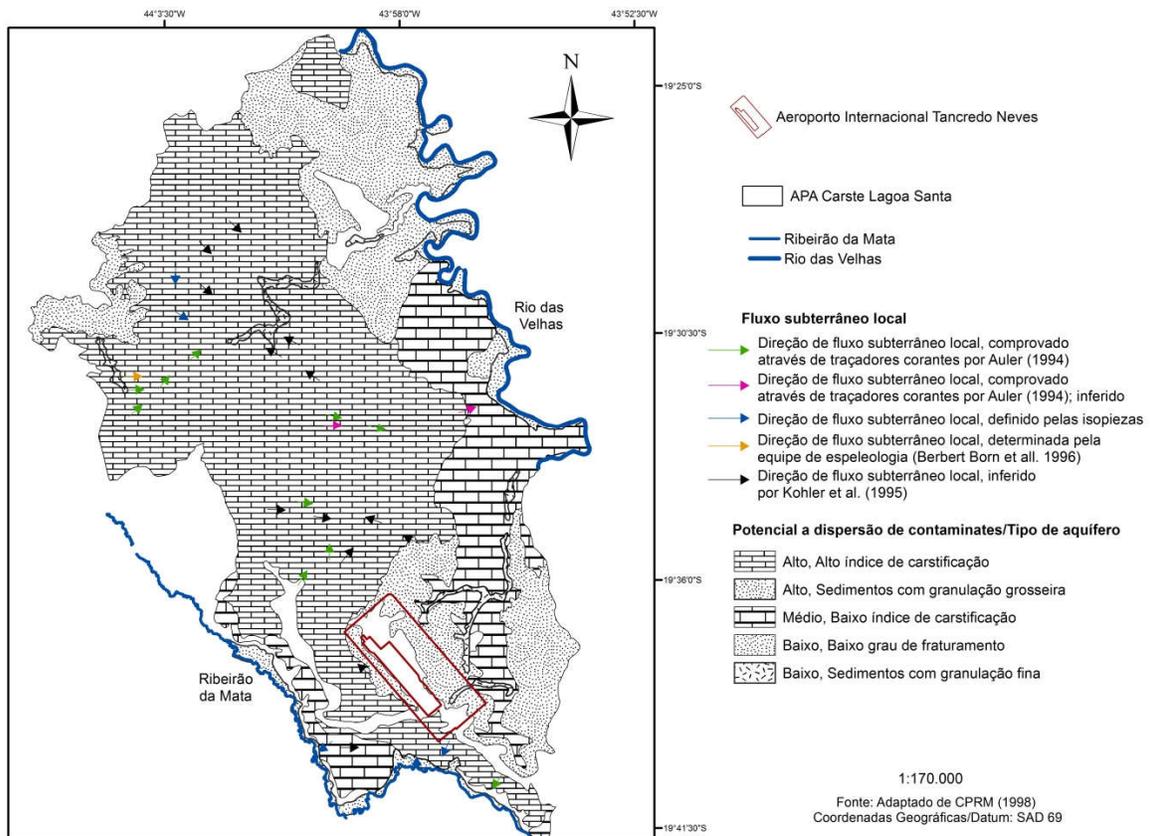
A geologia também é fundamental para se compreender o comportamento hidrogeológico que, por sua vez, indica as áreas mais vulneráveis às atividades antrópicas. Auler (1994) *apud* CPRM (1998a) relata que:

*...a hidrogeologia da área compreende uma superfície livre de aquíferos carbonáticos limitada na base por rochas gnáissicas, impermeáveis, em que os aquíferos subterrâneos fluem através de dois níveis de base: a nordeste, o Rio das Velhas é a principal saída para a água cárstica e, a sudoeste, o Ribeirão da Mata drena parte da água.*



**Figura 2.17:** Mapa geológico da área de estudo, no qual é possível visualizar a incipiência de drenagens superficiais, a densidade de áreas de recarga pontual e as falhas nas rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa (em rosa).

Conforme o mapa de potencial de dispersão de contaminantes elaborado pela CPRM (1998a) (Figura 2.18), é possível constatar que grande parte da área possui alto potencial de dispersão de poluentes. As referidas áreas possuem altas taxas de carstificação e estão localizadas, sobretudo, nas rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa, o qual possui uma porosidade secundária expressiva (Figura 2.18). Além disso, áreas que apresentam sedimentos de granulação grosseira (planície do Rio das Velhas a leste; planície do Ribeirão da Mata a oeste) também foram classificadas como áreas de alto potencial de dispersão de poluentes, já que a granulometria destes sedimentos não é eficiente em barrar possíveis contaminantes da água infiltrada (Figura 2.18). Já as áreas de médio potencial de dispersão de poluentes se localizam sobretudo nas rochas que compõem o Membro Pedro Leopoldo, caracterizado pela sua baixa sensibilidade aos processos de carstificação (Figuras 2.17 e 2.18). Por fim, as áreas de baixo potencial de dispersão de poluentes, de modo geral, estão localizadas nos metapelitos da Formação Serra de Santa Helena, seja pelo baixo grau de faturamento e/ou pela presença de sedimentos de granulação fina (Figuras 2.17 e 2.18).



**Figura 2.18:** Potencial de dispersão de contaminantes na APA carste de Lagoa Santa. Observa-se que as áreas que apresentam alto potencial de dispersão de contaminantes correspondem aos calcários do Membro Lagoa Santa e às planícies do Ribeirão da Mata e do Rio das Velhas.

Além do potencial de dispersão de contaminantes, CPRM (1998a) também estabeleceu o grau de vulnerabilidade intrínseca do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa, baseando-se na espessura do material de cobertura e nas permeabilidade e densidade de dolinas (Quadro 2.1 e Figura 2.19). Como abordado no primeiro subcapítulo desta tese, de modo geral, quanto maior a espessura da cobertura pedológica, maior a probabilidade dos contaminantes serem retidos nela reduzindo, conseqüentemente, a probabilidade de atingirem o aquífero cárstico. Por outro lado, quanto menor a espessura do solo, há maior risco destes contaminantes infiltrarem e percolarem ao longo do aquífero cárstico. Por fim, áreas com alta densidade de dolinas são mais propensas a se configurarem como área de recarga concentrada, ou seja, são áreas que não possuem ou possuem uma espessura da cobertura pedológica pouco significativa.

Conforme apresentado na Figura 2.19, as áreas de vulnerabilidade extremamente alta possuem a menor abrangência espacial na área de estudo e se associam geologicamente ao Membro Lagoa Santa (Figuras 2.17 e 2.19). As referidas áreas correspondem aos afloramentos de rocha calcária com elevada porosidade secundária (Quadro 2.1), o que favorece a menor espessura do material de cobertura.

Já as áreas que apresentam alto grau de vulnerabilidade intrínseca abrangem grande parte da APA carste Lagoa de Santa (Figura 2.19) e estão, majoritariamente, localizadas no Membro Lagoa Santa. Conforme o Quadro 2.1, a permeabilidade destas áreas tende a ser alta, já que a espessura do material de cobertura é pouco expressiva e há alta densidade de dolinas (feições que constituem áreas de recarga concentrada).

Áreas que apresentam grau médio de vulnerabilidade estão localizadas tanto no Membro Lagoa Santa, quanto nas planícies do Rio das Velhas, Ribeirão da Mata, Córrego da Jaguará e Córrego do Jaques (Figura 2.19). Apesar de estarem localizadas no Membro Lagoa Santa, estas áreas apresentam espessura do material de cobertura média e a densidade de dolinas é de média a baixa (Quadro 2.1). Desse modo, a recarga tende a ser do tipo difusa, revelando certa capacidade de retenção de contaminantes no solo.

Áreas de baixo grau de vulnerabilidade (Figura 2.19) estão localizadas, majoritariamente, no interior do Membro Pedro Leopoldo (Figura 2.17). Apesar dessas áreas apresentarem solo pouco espesso, são caracterizadas pela baixa permeabilidade e pela baixa densidade de dolinas. Conforme o mapa geológico (Figura 2.17), o Membro Pedro Leopoldo é pouco fraturado e, portanto, apresenta porosidade secundária pouco expressiva, fator que inibe a formação de dolinas e reduz a permeabilidade da superfície. Áreas com grau de vulnerabilidade desprezível estão localizadas nas ocorrências de rochas pelíticas da Formação Serra de Santa Helena e, em menor proporção, nos calcários do Membro Pedro

Leopoldo (Figuras 2.17 e 2.19). Essas áreas apresentam espessura do solo aproximada de 15 metros, baixa permeabilidade e baixa densidade de dolinas (Quadro 2.1).

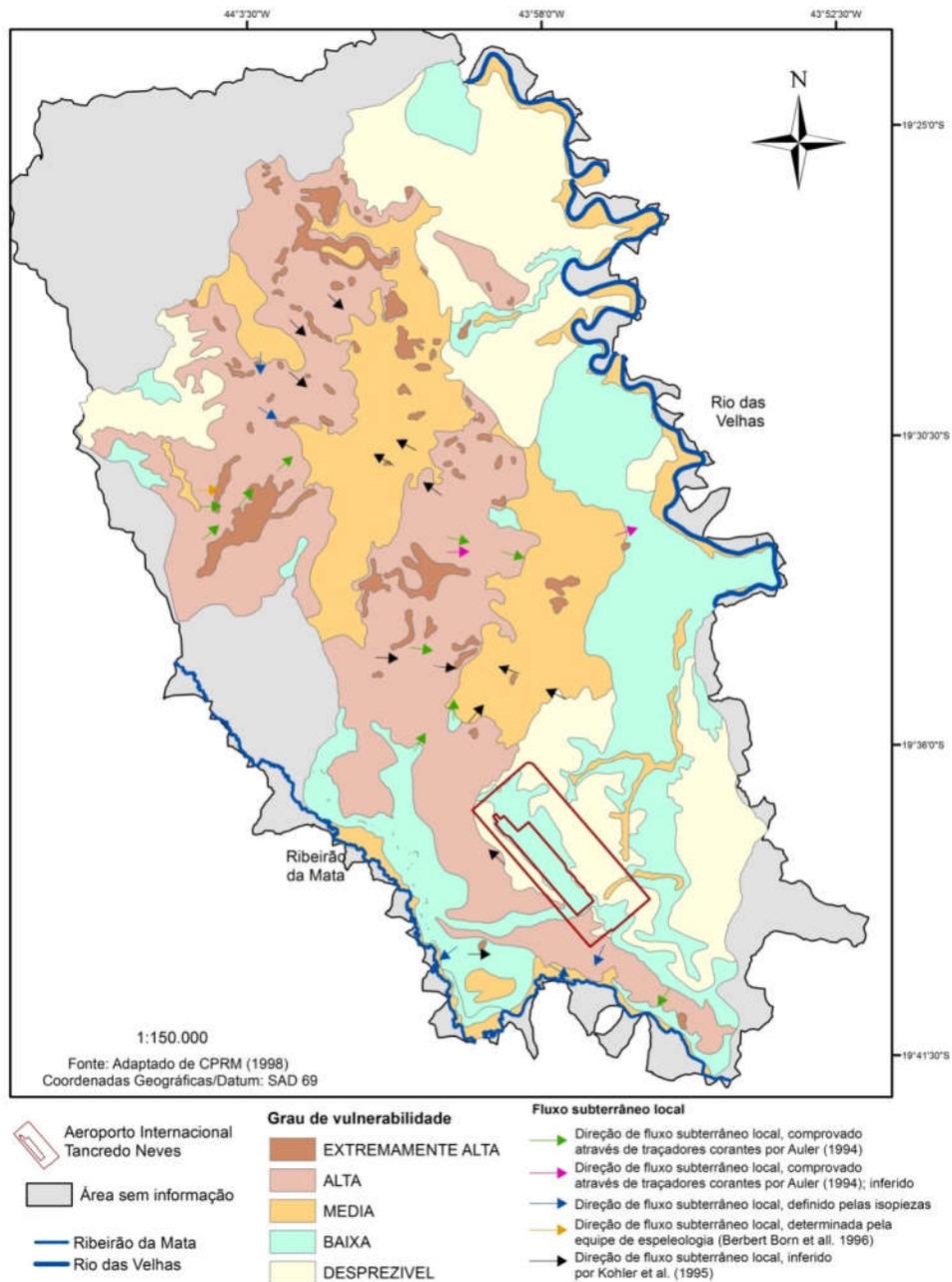
**Quadro 2.1:** Critérios estabelecidos por CPRM (1998a) na definição do grau de vulnerabilidade do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa.

Fonte: CPRM (1998a)

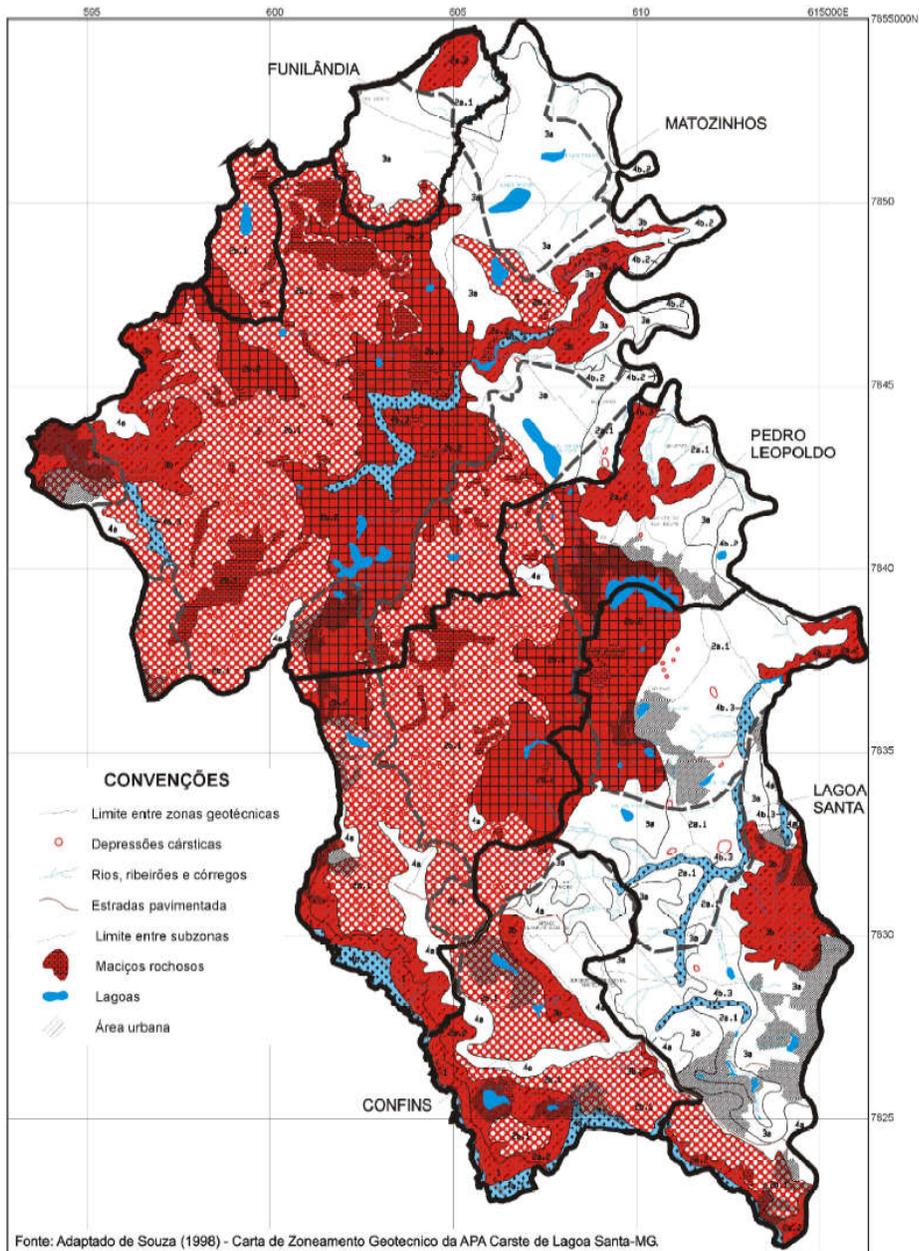
Grau	Espessura do material de cobertura	Permeabilidade	Densidade de dolinas
<b>Extremamente Alto</b>	-	-	Afloramentos de rocha calcária com elevada porosidade secundária
<b>Alto</b>	Pouco espesso (inferior a 10 metros)	Em torno de $10^{-4}$ cm/s	Alta
<b>Médio</b>	Espessura média (inferior a 20 metros)	Em torno de $10^{-4}$ cm/s	Média a baixa
<b>Baixo</b>	Pouco espesso (inferior a 10 metros)	Baixa, em torno de $10^{-5}$ cm/s	Baixa
<b>Desprezível</b>	Aproximadamente 15 metros	Baixa, em torno de $10^{-5}$ cm/s	Sobre metapelitos e calcários pouco fraturados

Além dos aspectos inerentes à vulnerabilidade do aquífero, CABRAL (1998) mapeou aspectos inerentes à geotecnia e à aptidão dos terrenos. Este mapeamento foi realizado na escala de 1:50.000 e inclui informações acerca da geotecnia dos solos (resistência e permeabilidade) e das áreas de risco (erosão acelerada, abatimentos e poluição dos solos) (CPRM, 1998b).

As classes estabelecidas pelo referido autor no que tange à restrição do meio físico consistiram em: (i) alta susceptibilidade a erosão acelerada e/ou alta propensão a movimentos de massa; (ii) alta vulnerabilidade a poluição do aquífero cárstico; (iii) alta propensão a ocorrência de colapsos; (iv) áreas sujeitas a encharcamento e enchentes periódicas; e (v) áreas com moderada vulnerabilidade a poluição do aquífero cárstico e/ou a ocorrência de colapsos (Figura 2.20). Dentre as classes mapeadas, destacam-se a que se refere à vulnerabilidade à poluição do aquífero cárstico, já abordada anteriormente, e a que se refere à alta propensão à ocorrência de colapsos. As duas classes destacadas são impactos específicos de paisagens cársticas, portanto merecem atenção especial neste trabalho.



**Figura 2.19:** Grau de vulnerabilidade do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa. O polígono da figura corresponde à área de estudo desta pesquisa, portanto, não se obteve informações acerca da vulnerabilidade do aquífero nas áreas em cinza, as quais ultrapassam os limites da referida UC.  
**Fonte:** Adaptado de CPRM (1998a)



### LEGENDA

- RESTRIÇÕES DO MEIO FÍSICO:** Alta susceptibilidade a erosão acelerada e/ou alta propensão a movimentação de massas. (Subzonas do Zoneamento Geotécnico: 1, 2a.2, 3b)
- RESTRIÇÕES DO MEIO FÍSICO:** Alta vulnerabilidade a poluição do aquífero cárstico (Subzona do Zoneamento Geotécnico: 2b.1)
- RESTRIÇÕES DO MEIO FÍSICO:** Alta propensão a ocorrência de colapsos. (Subzona do Zoneamento Geotécnico: 2b.2)
- RESTRIÇÕES DO MEIO FÍSICO:** Áreas sujeitas a encharcamento e enchentes periódicas. (Subzonas do Zoneamento Geotécnico: 4b.1, 4b.3)
- RESTRIÇÕES DO MEIO FÍSICO:** Áreas com moderada vulnerabilidade a poluição do aquífero cárstico e/ou a ocorrência de colapsos. (Subzonas do Zoneamento Geotécnico: 2a.1, 3a, 4a, 4b.2)
- LIMITE DAS ZONAS AMBIENTAIS DA APA CARSTE DE LAGOA SANTA
- LIMITE MUNICIPAL OU LIMITE DA APA CARSTE DE LAGOA SANTA

**Figura 2.20:** Áreas de alta vulnerabilidade geotécnica na APA Carste de Lagoa Santa.  
**Fonte:** CPRM (1998b), adaptado por ALT (2008).

Recentemente, Tayer (2016) mapeou o grau de vulnerabilidade intrínseca do aquífero da APA Carste de Lagoa Santa. O autor baseou-se em dados primários (dolinas, vegetação, poços e cisternas) e dados secundários obtidos em bancos de dados de instituições públicas, notadamente o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), Serviço Geológico Norte Americano (USGS) e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). O trabalho supracitado utilizou o método COP<sup>37</sup> como norteador do mapeamento de vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas. Este método se fundamenta em três fatores principais que mensuram diferentes aspectos inerentes a vulnerabilidades dos aquíferos: (C) concentração de fluxo, (O) camadas sobrepostas, e (P) precipitação.

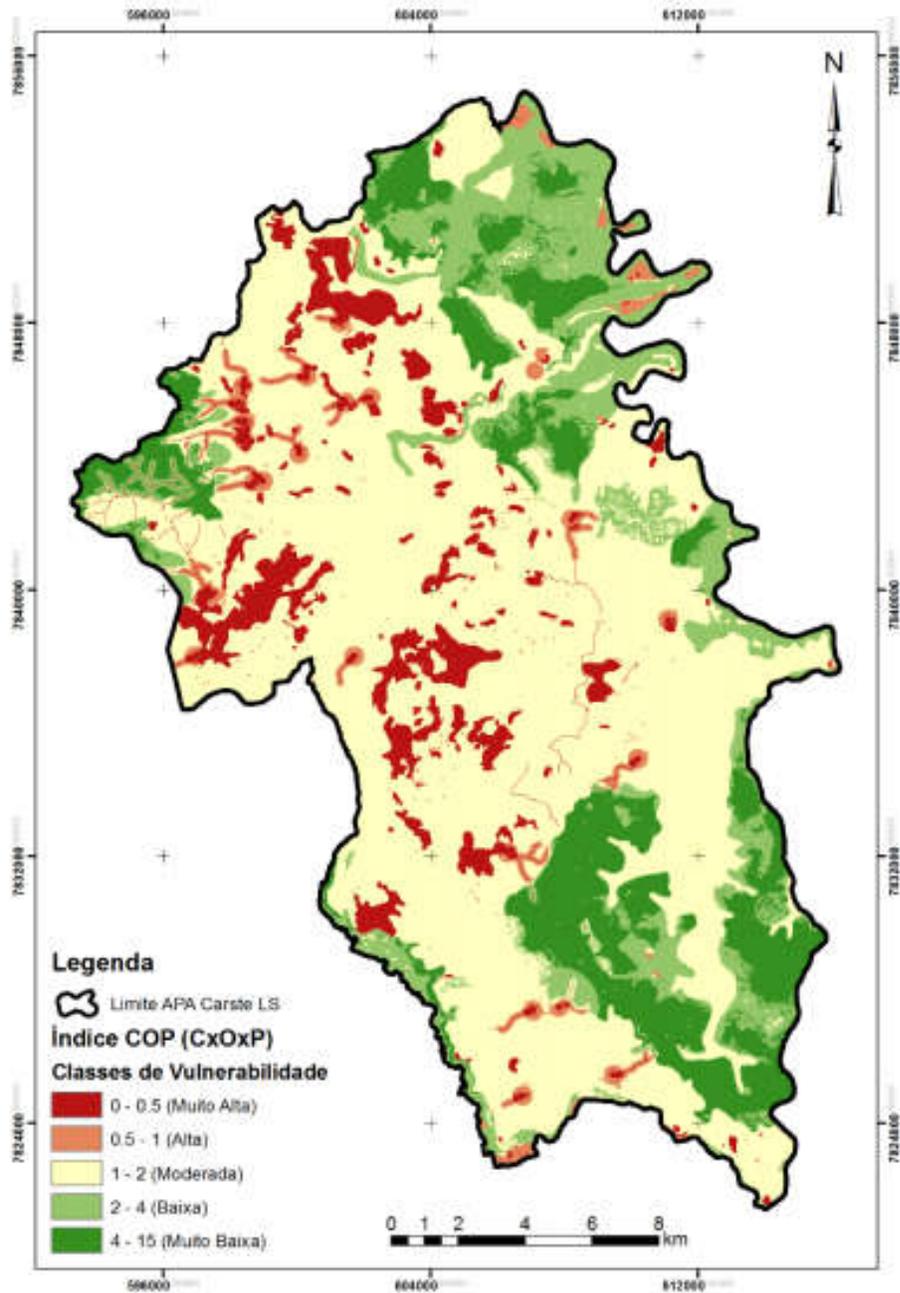
O fator **(C)** busca representar as condições da superfície que controlam o fluxo superficial em dois cenários: (1) recarga concentrada, onde se consideram os seguintes aspectos: (a) influência da declividade; (b) influência da vegetação; (c) a distância das feições cársticas de recarga direta; (d) distância dos cursos d'água associados a sumidouros - vales cegos; e (2) recarga difusa, onde considera-se: (a) feições superficiais, (b) vegetação e (c) declividade. O fator **(C)** destaca-se por considerar as peculiaridades da paisagem cárstica ao mensurar a vulnerabilidade desta tipologia de aquífero. Já o fator **(O)** representa a capacidade de proteção da zona não saturada de um aquífero em atenuar contaminantes provenientes da superfície. Desse modo, este método leva em consideração o solo (textura, espessura, e distribuição do tamanho dos grãos), bem como a litologia (tipo de rocha e grau de fraturamento). Por fim, o fator **(P)** é gerado pelas somas dos parâmetros relacionados à quantidade e intensidade da precipitação (TAYER, 2016)<sup>38</sup>.

Conforme o mapa da Figura 2.21 e a discussão dos resultados elaborada por Tayer (2016), 7,6% da área da APA foram enquadrados como altamente vulnerável à contaminação das águas subterrâneas. O autor explana que estas áreas correspondem, sobretudo, às áreas de recarga pontual (dolinas, sumidouros e vales cegos), além de lagoas sobre dolinas e afloramentos de calcário. As áreas classificadas como de alta vulnerabilidade (3,2% da área da APA) também são representadas, porém em menor escala, por feições cársticas que implicam no tipo de recarga concentrada. Já grande parte da área da APA (58,4%) foi classificada como de vulnerabilidade moderada; tais áreas são compostas por calcários da Formação Sete Lagoas cobertos por solos espessos e planícies de inundação que se estendem a mais de 100 metros de rios associados a sumidouros. As zonas de baixa vulnerabilidade (16,2% da área de estudo) são representadas, sobretudo, pelos metapelitos fissurados da Formação Serra de Santa Helena. Por fim, as áreas

<sup>37</sup> O COP consiste num método que mensura a vulnerabilidade da água subterrânea em áreas cársticas.

<sup>38</sup> Para detalhamento de pesos, equações e mapas atribuídos a cada fator consultar Thiago Tayer (2016).

classificadas como de vulnerabilidade muito baixa (14,6% da área total) são representadas pelas rochas pelíticas da Formação Serra de Santa Helena, além de afloramentos do embasamento (TAYER, 2016).

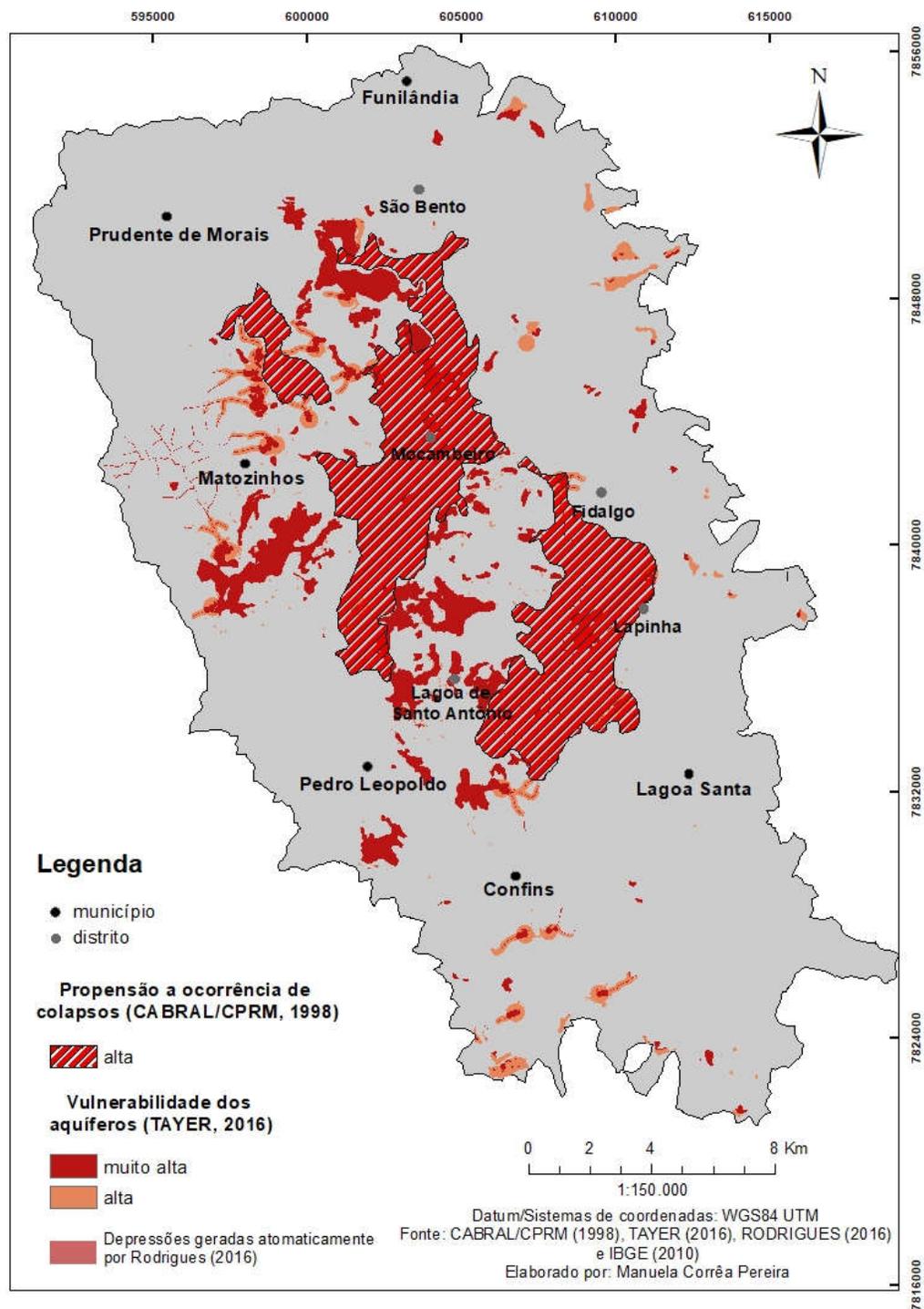


**Figura 2.21:** Vulnerabilidade intrínseca da APA Carste de Lagoa Santa, estabelecida segundo método COP. Observa-se que as áreas com o grau muito alto de vulnerabilidade (em vermelho), correspondem às áreas de recarga pontual, tais como dolinas, uvalas, sumidouros e afloramentos.

**Fonte:** TAYER (2016).

A avaliação e mapeamento da vulnerabilidade intrínseca do aquífero cárstico elaborada por Tayer (2016) consistem numa importante evolução, visto que o último mapeamento realizado sobre esta temática pela CPRM (1998a) abarcou somente três parâmetros (vide Quadro 2.1 e Figura 2.19). Apesar disso, o zoneamento geotécnico realizado por CABRAL/CPRM (1998b) ainda consiste num importante instrumento técnico para nortear as decisões dos gestores que atuam na região da APA Carste de Lagoa Santa.

Na presente pesquisa é adotado mapa síntese que busca expressar a vulnerabilidade das águas subterrâneas e a propensão a ocorrência de colapsos na área de estudo, já que estes dois impactos estão intimamente relacionadas às paisagens cársticas. Para tanto, foram utilizadas as classes de vulnerabilidade do aquífero cárstico “muito alta” e “alta”, mapeadas por Tayer (2016), as classes de propensão a ocorrência de colapsos “alta” mapeadas pela CPRM (1998), e as dolinas geradas automaticamente por Rodrigues (2016) (Figura 2.22). Deste modo, os trabalhos de Cabral (1998), Tayer (2016) e Rodrigues (2016) são aqui adotados para se compreender a dinâmica espaço-temporal dos instrumentos de planejamento territorial, bem como das atividades antrópicas frente à vulnerabilidade do sistema cárstico da área de estudo. Este mapa tem como objetivo fundamental estabelecer diálogo com as duas dimensões supracitadas nos dois próximos capítulos.



**Figura 2.22:** Áreas com potencial de ocorrência de impactos inerentes a paisagens cársticas: propensão a ocorrência de colapsos e vulnerabilidade dos aquíferos.  
**Fonte:** Adaptado de CABRAL/CPRM (1998b) e TAYER (2016).

## **Capítulo 03**

### **A DIMENSÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS DO CARSTE DE LAGOA SANTA**

O presente capítulo tem como principal objetivo caracterizar e espacializar as pressões antrópicas da área de estudo. Entretanto, torna-se pertinente compreender o contexto no qual as referidas pressões antrópicas emergiram. Portanto autores que discutem sobre a complexidade da metropolização e expansão das cidades serão referenciados no primeiro subcapítulo, com o intuito de compreender a lógica político-econômica que motiva as referidas pressões. Posteriormente, de modo quantitativo será demonstrada a evolução das pressões antrópicas no tempo e no espaço (população, uso do solo, empreendimentos, esgotamento sanitário e destino dos resíduos solos). Finalmente, no último subcapítulo, buscou-se estabelecer uma conexão entre a literatura inerente à expansão urbana, às pressões antrópicas caracterizadas na área de estudo e à compreensão dos gestores que atuam na região do carste de Lagoa Santa<sup>39</sup>.

#### **3.1) REFLEXÕES SOBRE A EXPANSÃO URBANA DE BELO HORIZONTE E AS TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS IMPRESSAS NA ÁREA DE ESTUDO**

Pressões antrópicas na região do carste de Lagoa Santa têm sido relatadas por estudos que lidam com questões de ordem geográfica, geológica e hidrogeológica (KOHLENER, 1989; AULER, 1994; CPRM, 1998-b; MENESES, 2003; ALT, 2008; TAYER, 2016, dentre outros). Neste subcapítulo serão referenciados os registros das referidas pressões, entretanto, concomitantemente, torna-se necessário contextualizar o cenário político-econômico no qual essas estão inseridas. Portanto, estudos que tratam do contexto político-econômico do processo de expansão das cidades também são referenciados, já que a urbanização é propulsora da ocorrência de pressões antrópicas e da transformação espaciais na área investigada. Diante do exposto, é nosso interesse aqui associar as pressões já relatadas pelos autores acima citados com os pensadores que tratam da transformação do espaço em decorrência do processo de urbanização, notadamente Lefebvre (1999), Santos (2002), Monte-Mór (1994) e Harvey (1996).

Historicamente, o homem tem transformado a paisagem e a intensidade desta transformação tende a ser diretamente proporcional ao padrão de consumo imposto pelo sistema capitalista vigente. Conforme abordado por Santos (2002), a relação natureza e

---

<sup>39</sup> Como abordado no capítulo anterior, a compreensão dos gestores foi analisada a partir dos Grupos Focais realizados na Cidade Administrativa de Minas Gerais no dia 06 de julho de 2017.

espaço pode ser subdividida em três fases: o meio natural, o meio técnico e o meio técnico científico informacional. Em linhas gerais, a primeira fase consiste numa “harmonia sócio espacial” entre o homem e a natureza, logo a natureza é utilizada de modo harmônico para garantir a subsistência humana (exemplo pousio e rotação de terras). Na segunda fase, técnicas são empregadas com o intuito de aperfeiçoar a produção, logo se inicia um distanciamento entre homem e natureza, onde o emprego da técnica é mais importante que as respostas da natureza em relação ao seu uso. Por fim, o meio técnico-científico-informacional consiste no momento no qual a ciência e a tecnologia aperfeiçoam cada vez mais a produção, além de romper barreiras geográficas entre o urbano e o rural.

A partir da década de 1950, impulsiona-se o êxodo rural no Brasil motivado por melhores oportunidades nos grandes centros urbanos, os quais estão em constante transformação devido aos investimentos na indústria. Portanto, observa-se um enfático processo de metropolização em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Além disso, maciços investimentos na construção civil também impulsionaram a extração e beneficiamento do calcário. Dentro deste contexto, BARBOSA (1978) *apud* KOHLER (1989) relata que, até a década de 1950, a paisagem da região do carste de Lagoa Santa (Matozinhos, Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Vespasiano) era caracterizada por lugarejos e fazendas localizadas principalmente nas proximidades de dolinas. A partir de meados da referida década a paisagem nessa área sofre significativas mudanças impulsionadas pela instalação de grandes indústrias de aproveitamento do calcário, as quais acarretaram a decadência de aglomerados essencialmente agrícolas e criam novas zonas residenciais em função da referida indústria extrativista.

Já na década de 1970 a região do carste de Lagoa Santa passa a ter o seu uso do solo cada vez mais impulsionado pela técnica, o que resultou na intensificação da transformação dos meios natural e rural em um espaço cada vez mais articulado e influenciado ao fenômeno urbano de Belo Horizonte. A análise de imagens de satélite sugere que, até os dias atuais, o uso do solo da área de estudo apresenta caráter predominantemente agropecuário<sup>40</sup> (Figura 3.1). Todavia, a esse respeito, argumenta Lefbrvre (1999) que:

*O tecido urbano prolifera, estende-se, corrói os resíduos da vida agrária. Estas palavras, “o tecido urbano”, não designam de maneira restrita, o domínio edificado nas cidades, o conjunto das manifestações do predomínio da cidade sobre o campo. Nessa acepção, uma segunda residência, uma rodovia, um supermercado em pleno campo, fazem parte do tecido urbano. Mais ou menos denso, mais ou menos espesso e ativo,*

---

<sup>40</sup> Como demonstrado no próximo subcapítulo, o qual analisa o uso do solo da área investigada.

*ele poupa somente as regiões estagnadas ou arruinadas, devotadas à “natureza”. (LEFBVRE, 1999, p. 17)*



**Figura 3.1:** Paisagem cárstica no vetor norte da RMBH que revela uso do solo predominante pela agropecuária, entrecortada por uma ferrovia e estradas vicinais, fator que impulsiona a expansão do tecido urbano.

**Fonte:** IEF (2013)

Desse modo, a expansão do referido tecido urbano traz consigo uma otimização da produção em prol da acumulação do capital, logo, demanda-se cada vez mais recursos naturais, como o calcário e água para fomentar a referida produção. Se por um lado há demanda de recursos naturais, por outro há intensificação da produção de resíduos que deterioram o meio natural (agrotóxicos, resíduos industriais, resíduos minerais, esgotamento sanitário, dentre outros). Portanto, a influência do tecido urbano, proveniente da expansão metropolitana de Belo Horizonte, traz consigo impactos incompatíveis com a conservação de paisagens cársticas.

KOHLER (1989) relaciona, na década de 1980, as mudanças do uso do solo aos impactos ambientais no vetor norte da RMBH. O referido autor relata que as mudanças nas paisagens nesta região foram motivadas, sobretudo, pela implantação do Aeroporto Internacional Presidente Tancredo Neves e de novas rodovias que foram construídas em função deste novo empreendimento. Ao longo desses eixos de circulação surgiram loteamentos isentos de infraestrutura ambiental e de saneamento, assim como a recorrência dos desmembramentos de fazendas por processos de herança. Além da implantação do

principal aeroporto do estado de Minas Gerais, Kohler (1989) responsabiliza a exploração de recursos naturais como causador de mudanças ambientais na paisagem, a saber: descaracterização das várzeas do Ribeirão da Mata e de seus afluentes; cicatrizes no relevo, destruição da paisagem cárstica; desmatamento; e poluição do ar.

Observa-se que a criação do aeroporto internacional se configura um marco da intensificação do uso do solo na área de estudo. Desse modo, até os dias atuais, o tecido urbano de Belo Horizonte expande-se motivado pela infraestrutura criada em função do aeroporto. Dentro deste contexto, pode-se estabelecer uma relação entre Belo Horizonte (centro/núcleo urbano) e a região do carste de Lagoa Santa, a qual é atingida pelo tecido urbano que, por sua vez, é resultado da explosão do núcleo urbano. Monte-Mór (1994), baseando-se no conceito de “zona urbana” elaborado por Henri Lefebvre, a define como:

*...àquele estágio de organização espacial no qual o capitalismo industrial, firmemente estabelecido dentro da cidade e controlando toda a sua região de influência, provoca a ruptura da cidade (herdeira da “pólis”, da “civitas”), em duas partes relacionais: o core, o centro/núcleo urbano, resultante do processo de implosão do locus do poder, marca da antiga cidade; e o tecido urbano, a trama de relações sócio-espaciais que se estende à região resultante da explosão da cidade preexistente. (MONTE-MÓR, 1994 p. 170, baseando-se em LEFBVRE, 1972)*

Já na década de 1990, momento no qual ocorreu no Brasil a ascensão do neoliberalismo, observa-se que os impactos ambientais provenientes da expansão do tecido urbano na área de estudo se intensificam, motivados por um contexto onde os planejamentos urbano e ambiental ainda são incipientes ou flexíveis. Auler (1994) investigou o caráter hidrogeológico da região de Matozinhos e de Pedro Leopoldo, na qual foram identificados diversos problemas inerentes aos sistemas cársticos da região, tais como: a instalação de poços tubulares; a expansão da cidade de Matozinhos sobre a superfície cárstica; a crescente urbanização na área da APA, com conseqüente poluição hídrica e desmatamentos; a agricultura que lança mão de defensivos e fertilizantes; a erosão dos solos e a contaminação microbiológica, detectada na zona de recarga dos aquíferos (CPRM, 1998c).

Apesar da APA Carste de Lagoa Santa ter sido criada em 1990 com o intuito proteger e preservar as cavernas e demais formações cársticas, sítios arqueo-paleontológicos, a cobertura vegetal e a fauna silvestre (Decreto nº 98.881/1990a), observa-se que os impactos ambientais levantados em estudos acadêmicos aumentam gradativamente ao longo do tempo. Somente em 1998 foram realizados os estudos técnicos que subsidiaram o zoneamento ambiental da unidade de conservação em questão, nos

quais foram diagnosticadas as principais pressões antrópicas do final do século XX. As pressões antrópicas ou “conflitos de uso” foram diagnosticados para cada zona que compõe a APA Carste de Lagoa Santa em estudo elaborado por CPRM (1998b). Tayer (2016) sintetiza os principais conflitos de uso presentes nas referidas zonas:

- *Atividades de mineração com o beneficiamento de calcário, que implicam em impactos ao sistema cárstico e ao patrimônio espeleológico;*
- *Disposição inadequada de resíduos sólidos e rejeitos de mineração de extração de calcário;*
- *Desmatamento por usos intensivos do solo como agricultura, pecuária e a expansão dos vetores urbanos, resultando em poucos remanescentes das formações vegetais, que recobrem maciços calcários, vertentes acidentadas e planícies fluviais;*
- *Disposição e lançamento de efluentes no solo provenientes de criadouros diversos como de gado leiteiro, cavalos de raça, suínos e aves;*
- *Agricultura intensiva e irrigada com utilização de fertilizantes e pesticidas, e em alguns casos técnicas inadequadas de plantio;*
- *Utilização inadequada de dolinas como áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos;*
- *Lançamento de efluentes industriais de atividades existentes na área, a exemplo da indústria têxtil, de fundição e de cimentos;*
- *Núcleos urbanos sem infraestrutura de saneamento, com crescimento desordenado sobre áreas de cerrado e terrenos cársticos. (TAYER, 2016, baseando-se em CPRM, 1998b)*

No início do século XX, apesar da criação (1990) e do zoneamento (1998) da APA Carste de Lagoa Santa, os trabalhos acadêmicos ainda registraram a intensificação das pressões antrópicas tanto nas áreas adjacentes, como no interior da referida UC. Meneses (2003), através de uma abordagem geossistêmica, constatou que a qualidade ambiental desta região é precária. A referida autora relaciona os principais impactos que comprometem a qualidade ambiental da região à deficiência do saneamento ambiental e à qualidade da água e do ar.

Já Alt (2008) mensurou no tempo (1980-2006) e no espaço (municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo e Matozinhos) a evolução do uso do solo com o intuito de averiguar a efetividade da APA Carste de Lagoa Santa e constatou que as taxas de conversão do solo são semelhantes dentro e fora da APA<sup>41</sup>. Desse modo, mesmo após a criação do zoneamento da referida UC, observou-se que em 2008 os problemas relatados pelos estudos técnicos de 1998 persistiram ou até mesmo se intensificaram, sob motivação das pressões urbana e industrial impostas pela expansão do tecido urbano de Belo Horizonte (ALT, 2008).

---

<sup>41</sup> Apenas no município de Matozinhos constatou-se que a parte do município que se localiza no interior da APA, ainda não sofreu mudanças negativas (Alt, 2008).

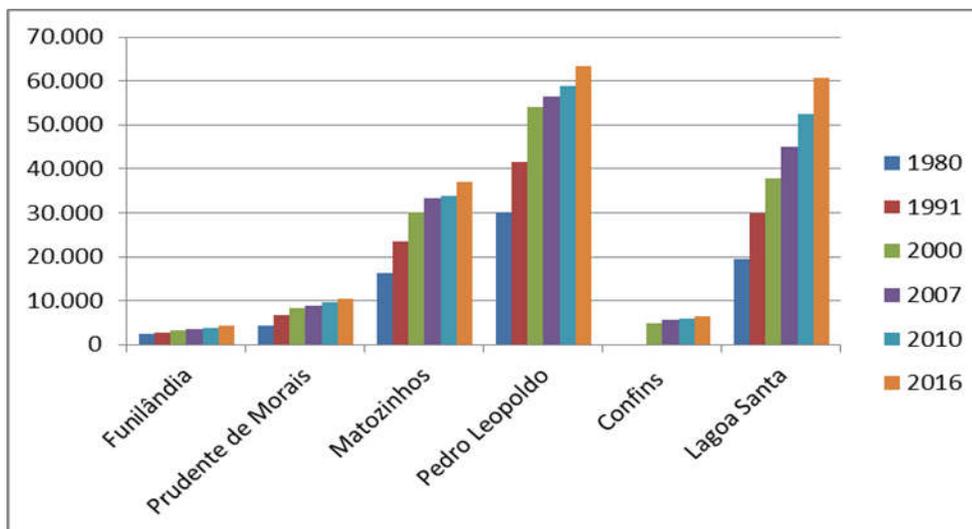
## **3.2) QUANTIFICAÇÃO DA EVOLUÇÃO DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS NA ÁREA DE ESTUDO**

Após dez anos do estudo realizado por Alt (2008) acerca da evolução do uso do solo de parte dos municípios que compõem a APA Carste de Lagoa Santa, torna-se pertinente diagnosticar as mudanças que têm ocorrido nos últimos anos. É neste contexto que o presente subcapítulo tem como objetivo caracterizar as pressões antrópicas no espaço (região cárstica de Lagoa Santa) e no tempo (1980 a 2016) dos seguintes temas: crescimento populacional, uso do solo, empreendimentos com potencial poluidor e degradador e destino do esgotamento sanitário e dos resíduos sólidos domésticos. Posteriormente, pretende-se relacionar as principais pressões antrópicas com as áreas mais vulneráveis da área de estudo apontadas pela Figura 2.22 do capítulo anterior. Por fim, pretende-se compreender a visão dos atores no que tange a evolução das pressões antrópicas caracterizadas neste capítulo.

### **3.2.1) Evolução temporal do crescimento populacional**

O crescimento populacional dos municípios que compõem a área de estudo corresponde, de modo geral, ao crescimento esperado para os municípios que estão localizados no vetor de expansão urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Gráfico 3.1). Observa-se que o percentual de crescimento entre o ano de 1980 e o ano de 2016 dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos ultrapassam 100%, destacando-se o município de Lagoa Santa, o qual apresentou taxa de 211% (Tabela 3.1). Em contrapartida, o município de Confins, também integrante da RMBH, revela crescimento mais tímido quando comparado aos demais municípios da região. Este fato pode ser justificado por este município estar inteiramente localizado na APA Carste de Lagoa Santa (Gráfico 3.1 e Tabela 3.1).

O município de Prudente de Moraes – localizado no colar da RMBH – também possui crescimento populacional semelhante àquelas vigentes nos municípios da RMBH (Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos) (Tabela 3.1). Já o município de Funilândia, também localizado no colar da RMBH, possui crescimento mediano (Tabela 3.1). Tal fato pode estar relacionado com a proximidade da mancha urbana do município de Prudente de Moraes com o município de Sete Lagoas (cidade de médio porte) e com a rodovia MG424. Em contrapartida, a sede do município de Funilândia está mais isolada dos grandes centros urbanos e seu acesso é possível somente através de rodovias secundárias.

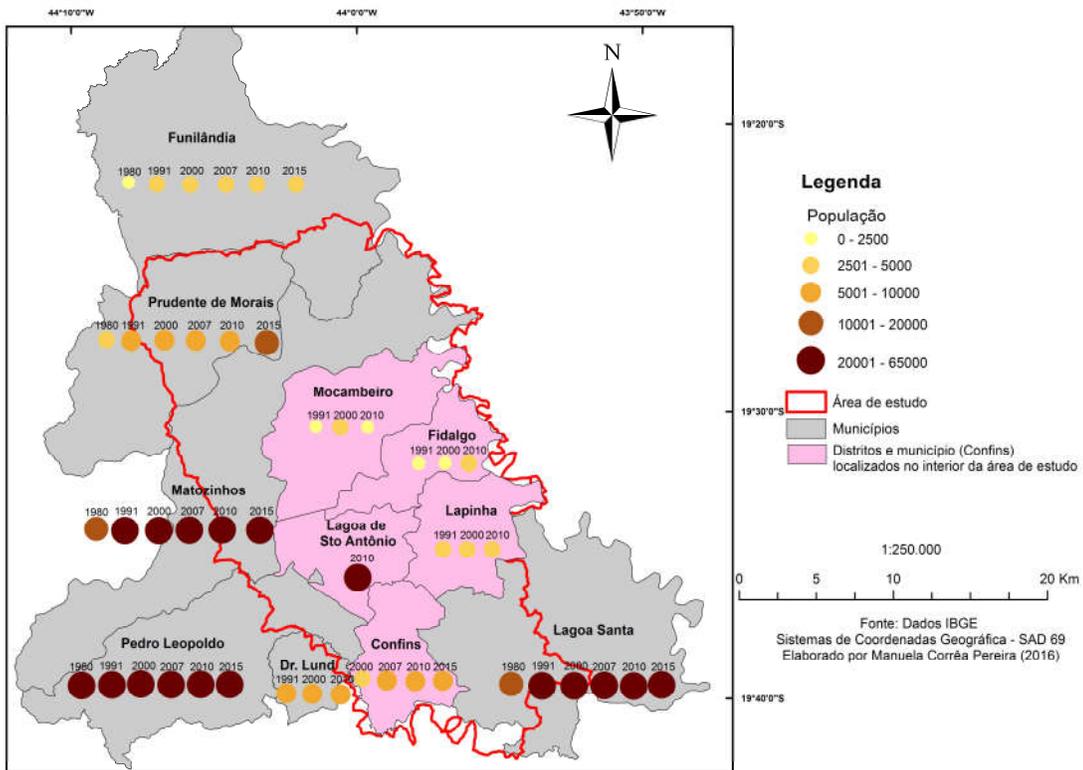


**Gráfico 3.1:** Crescimento populacional dos municípios que integram a área de estudo.  
**Fonte:** IBGE/SIDRA (Censos de 1980, 1991, 2000 e 2010; estimativa da população dos anos de 2007 e 2016).

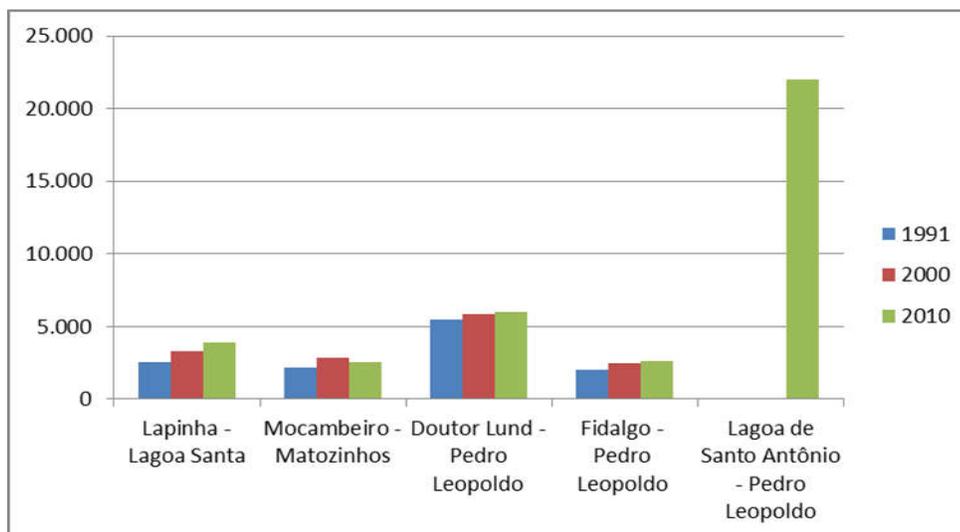
**Tabela 3.1:** Percentual de crescimento populacional dos municípios da área de estudo no período 1980-2016.

Funilândia	Prudente de Morais	Matozinhos	Pedro Leopoldo	Confins	Lagoa Santa
76,54%	146,88%	128,63%	111,3%	34,12%	211,74%

Apesar dos dados retratarem um panorama do crescimento populacional dos municípios que compõem a área de estudo, é importante ressaltar que grande parte da malha urbana desses municípios está localizada fora dos limites da área de estudo. Diante deste fato, buscou-se levantar no site do IBGE dados dos distritos que estão inteiramente localizados na área de estudo (Figura 3.2). Apesar desses dados estarem incompletos (não estão disponibilizados os dados do Censo de 1980, tampouco a estimativa da população para os anos de 2007 e 2016), é nítido que o ritmo de crescimento dos distritos inteiramente localizados na área de estudo (Gráfico 3.2 e Tabela 3.2) é inferior àquele dos municípios analisados anteriormente (Gráfico 3.1 e Tabela 3.1). Ainda vale ressaltar que o crescimento dos distritos é semelhante àquele do único município inteiramente localizado na área de estudo, o município de Confins (Tabela 3.1 e 3.2). A partir desta análise pode-se considerar que, quanto ao crescimento populacional, os instrumentos de planejamento que normatizam a APA carste de Lagoa Santa têm sido efetivos em suas iniciativas de desestímulo do crescimento populacional exacerbado em seu interior. Entretanto, vale salientar que a intensificação de loteamentos na região pode estimular o crescimento populacional e reverter o referido cenário.



**Figura 3.2:** Crescimento populacional dos municípios e distritos localizados na área de estudo.  
**Fonte:** IBGE/SIDRA 2016.



**Gráfico 3.2:** Crescimento populacional dos distritos localizados na área de estudo.  
**Fonte:** IBGE/SIDRA 2016.

**Tabela 3.2:** Percentual de crescimento populacional (entre os anos de 1991 e 2010) dos distritos integralmente situados na área de estudo.

Lapinha/Lagoa Santa	Mocambeiros/Matozinhos	Doutor Lund/Pedro Leopoldo	Fidalgo/Pedro Leopoldo
53,1%	17,2%	10,1%	27,9%

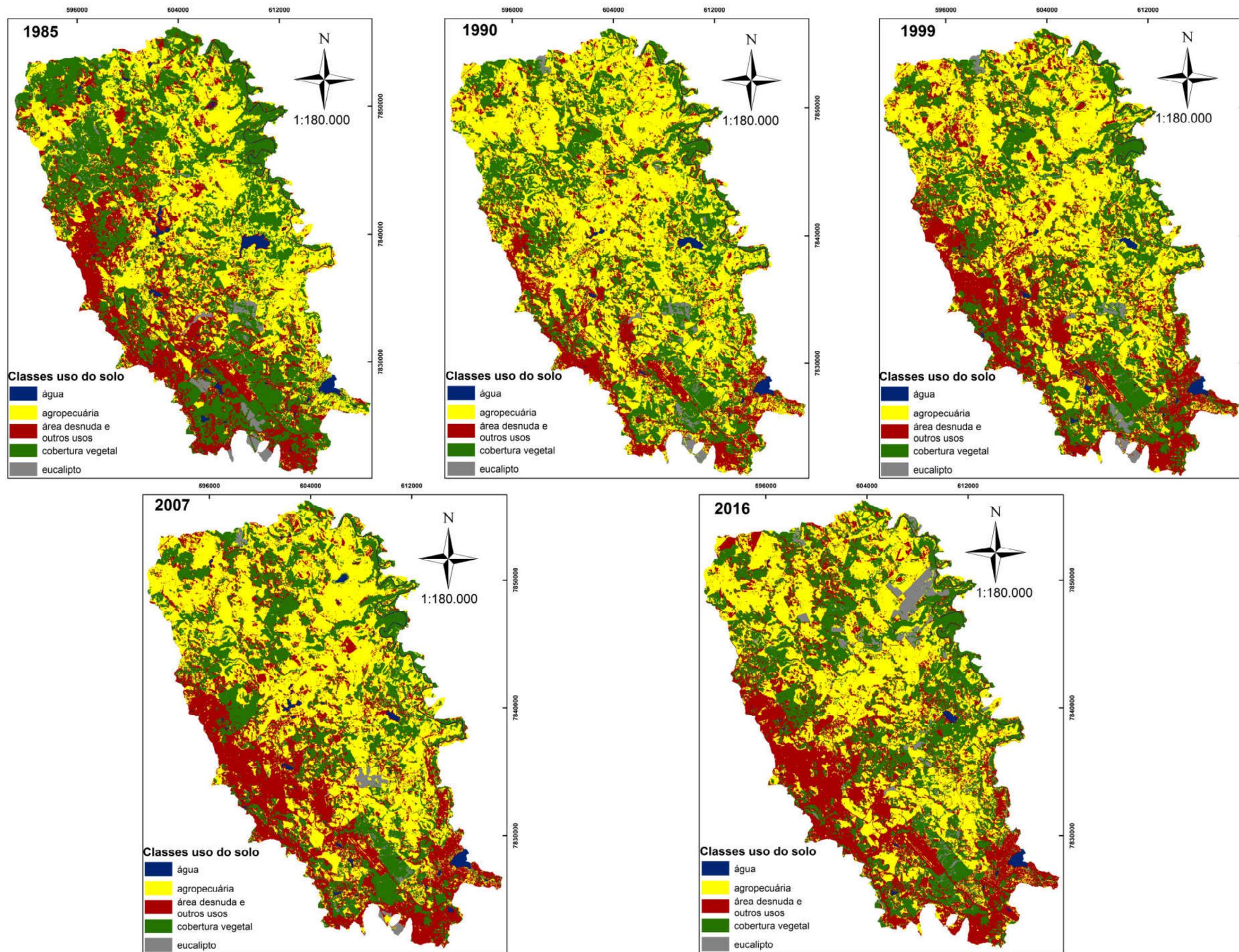
Os dados apresentados nesta seção são fundamentais para se compreender o crescimento populacional na área de estudo. Entretanto, algumas lacunas quanto a ausência de dados recentes para os distritos, bem como a não contabilização da população que reside parte do ano nestes distritos/municípios<sup>42</sup>, podem comprometer a presente análise no que tange aos impactos do carste ocasionados pelo crescimento populacional. Portanto, na próxima seção será mensurado o avanço da mancha urbana, bem como dos demais usos que podem impactar as paisagens cársticas.

### **3.2.2) Evolução espaço-temporal do uso do solo por meio de técnicas de sensoriamento remoto**

Nesta seção será analisada a evolução espaço-temporal dos principais usos vigentes na área investigada. Conforme abordado no capítulo “Caminhos Metodológicos” (Capítulo 1), as imagens Landsat permitem uma análise temporal de grande amplitude (1970 – atualmente) e adequada para mapeamentos regionais, os quais exigem média resolução espacial. Portanto, adotaram-se, de modo adaptado, as classes estabelecidas por Alt (2008), que também classificou imagens Landsat na mesma região. As classes mapeadas foram: 1- água; 2-agropecuária (diversos tipos de plantação e pasto); 3- área desnuda e outros usos (mancha urbana, mineração, áreas queimadas, áreas sem nenhum tipo de cobertura vegetal); 4- cobertura vegetal (primária e secundária: cerrado, cerradão, capoeira, mata seca, mata ciliar e mata em regeneração); e 5- eucalipto.

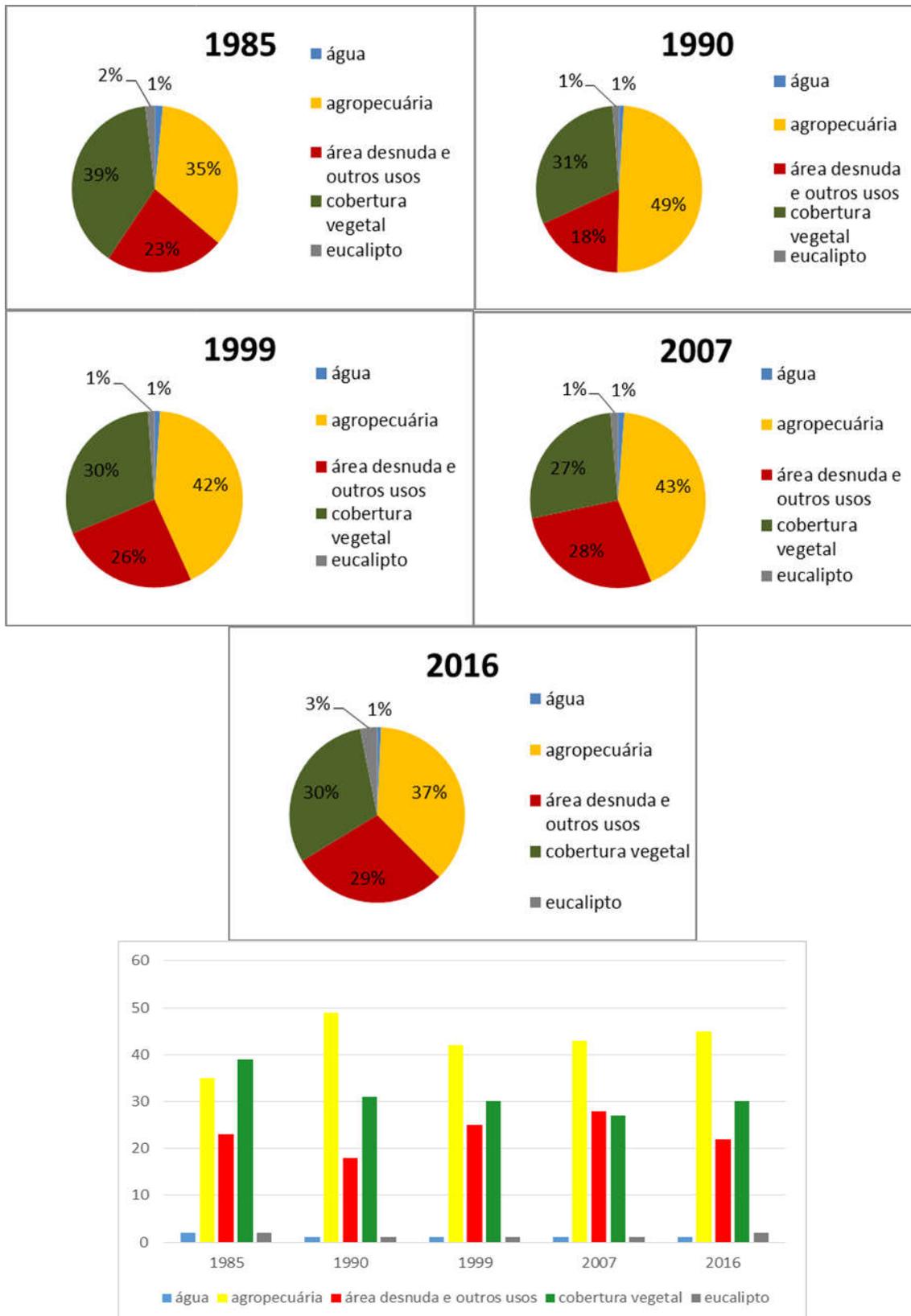
Os anos analisados, 1985, 1990, 1999, 2007, e 2016, correspondem ou se aproximam do ano em que ocorreu algum tipo de intervenção de caráter desenvolvimentista ou ambiental na área de estudo (vide quadro 1.4, Capítulo 1). Em 1985, ano que se aproxima da data de inauguração do aeroporto Tancredo Neves, da criação do Parque Estadual do Sumidouro e da criação da Área de Proteção Especial Aeroporto, observa-se que grande parte da área de estudo era composta pela classe “cobertura vegetal” (39%), seguida pelo uso agropecuário (35%), pela classe “área desnuda e outros usos” (23%), e pela classe “eucalipto” (2%) (Figura 3.3 – 1985; Gráfico 3.3 – 1985).

<sup>42</sup> A região da área de estudo é conhecida por abarcar condomínios, nos quais os proprietários residem em outras cidades, como Belo Horizonte. Portanto, estes moradores não são contabilizados nos censos do IBGE.



Classificação supervisionada baseada nas bandas 345 das imagens Landsat 5 dos anos de 1985, 1990, 1999, 2007 e 2010 e nas bandas 654 das imagens Landsat 8 do ano de 2016.  
 Fonte da imagens: United States Geological Survey  
 Sistemas de Coordenadas UTM, Datum WGS84 23S

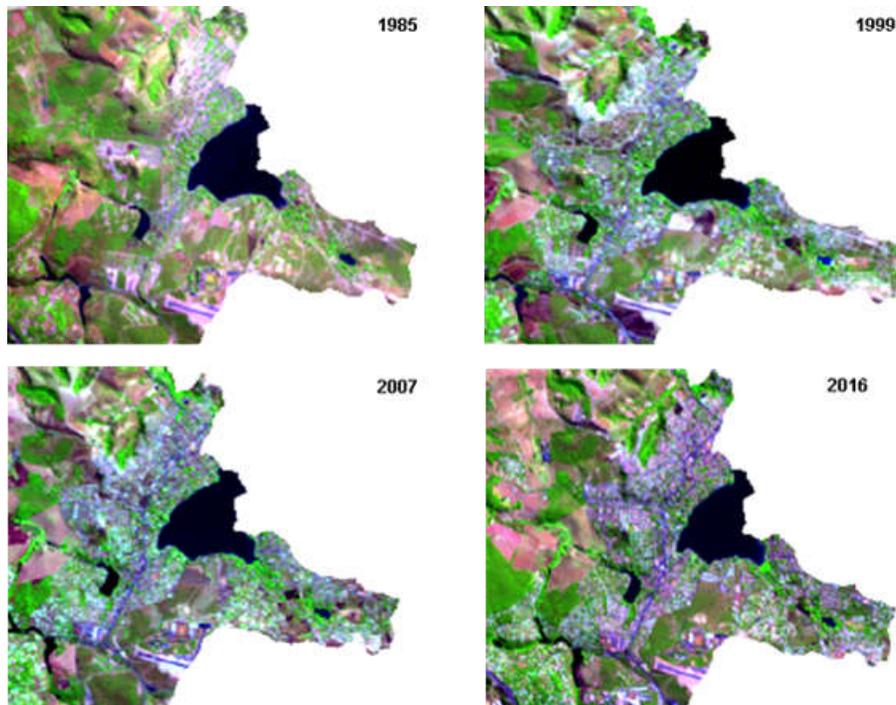
Figura 3.3: Evolução espaço-temporal do uso do solo na área de estudo, segundo a evolução das classes água, agropecuária, área desnuda e outros usos, cobertura vegetal e eucalipto.



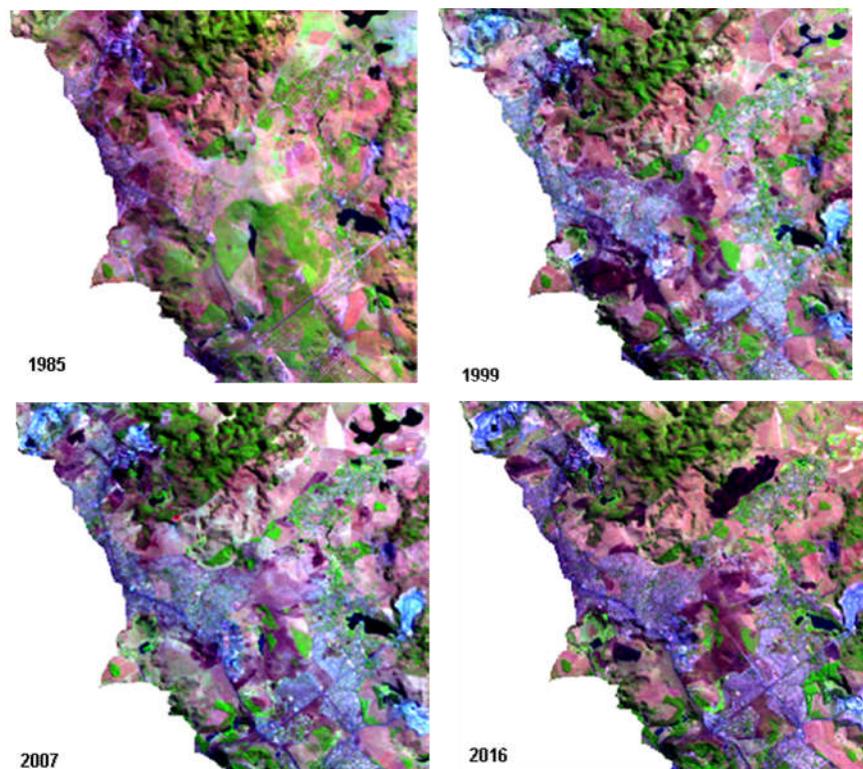
**Gráfico 3.3:** Proporção do uso do solo (%) na APA Carste de Lagoa Santa para os anos 1985, 1990, 1999, 2007, 2010 e 2016.

Em 1990, ano no qual foi criada a APA Carste de Lagoa Santa, observa-se uma significativa perda de cobertura vegetal. Desde 1985 até o referido ano foi perdido 8% da cobertura vegetal, o que equivale a 4367 hectares ou 43,67 Km<sup>2</sup> de áreas verdes (Figura 3.3 – 1985 e 1990; Gráfico 3.3 – 1985 e 1990). Observa-se que grande parte da cobertura vegetal da porção noroeste da área de estudo presente no ano de 1985 foi convertida em uso agropecuário até 1990 (Figura 3.3 – 1985 e 1990). O mesmo tipo de conversão acontece na porção nordeste, onde está localizada a mata ciliar do Rio das Velhas e na porção sul, notadamente no entorno do Aeroporto Internacional de Confins. Além da conversão da cobertura vegetal em uso agropecuário, se observou a conversão de 5% da área desnuda e outros usos em uso agropecuário (Figura 3.3 – 1985 e 1990). Tal fato parece se justificar pela conversão de áreas queimadas em lavouras situadas principalmente na porção oeste da área investigada (Figura 3.3 – 1985 e 1990).

Em 1999, ano posterior à instituição do zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa, nota-se que aproximadamente 3.821 ha ou 38,21 Km<sup>2</sup> (7% da área de estudo), os quais correspondiam em 1990 à classe “agropecuária”, foram convertidos na classe “área desnuda e outros usos” (Figura 3.3 – 1990 e 1999; Gráfico 3.3 – 1990 e 1999). Além disso, 545 ha ou 5,45 Km<sup>2</sup> de cobertura vegetal (1% da área de estudo) também foram convertidos na classe “área desnuda e outros usos” (Figura 3.3 – 1990 e 1999; Gráfico 3.3 – 1990 e 1999). A referida conversão de classes se deve, sobretudo, à expansão urbana dos municípios de Lagoa Santa (Figura 3.4), Pedro Leopoldo e Matozinhos (Figura 3.5).



**Figura 3.4:** Evolução e adensamento da mancha urbana representada pela classe “área desnuda e outros usos” no entorno da Lagoa Central de Lagoa Santa.  
**Fonte:** Composição de bandas de imagens Landsat dos anos de 1985, 1999, 2007 e 2016.



**Figura 3.5:** Evolução do adensamento da mancha urbana representada pela classe “área desnuda e outros usos” na porção oeste da área investigada, a qual abrange parcela dos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos.  
**Fonte:** Composição de bandas de imagens Landsat dos anos de 1985, 1999, 2007 e 2016.

Já em 2007, ano no qual se instituiu o Plano de Governança Ambiental e Urbanística da RMBH, nota-se sensível perda da cobertura vegetal, de modo que 1.638 ha ou 16,38 Km<sup>2</sup> (3% da área de estudo) foram convertidos nas classes “área desnuda e outros usos” e “agropecuária” (Figura 3.3 – 1999 e 2007; Gráfico 3.3 – 1999 e 2007). De 1999 a 2007 se observa significativa expansão de empreendimentos urbanos, os quais modificam a paisagem (Figura 3.6). Apesar da criação da APE Aeroporto (1980), do Parque Estadual do Sumidouro (1980), da APA carste de Lagoa Santa (1990) e do zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa (1998), ainda no ano de 2007 foi registrada a supressão da cobertura da vegetação em prol de usos de maior impacto aos sistemas cársticos.



**Figura 3.6:** Imagem panorâmica da rodovia MG10 e adjacências, parte integrante da Linha Verde, projeto de mobilidade urbana criado em 2005.

**Fonte:** IEF (2013).

Finalmente, em 2016, nota-se que, apesar de ainda ser o uso que predomina na área de estudo a classe “agropecuária”, desde 2007 essa classe registrou perda significativa em sua extensão. A referida classe teve 3.275 ha ou 32,75 Km<sup>2</sup> (6% da área de estudo) convertidos nos usos “área desnuda e outros usos”, “cobertura vegetal” e “eucalipto” (Figura 3.3 – 2007 e 2016; Gráfico 3.3 – 2007 e 2016). A classe “área desnuda e outros usos” registrou aumento de 5,46 Km<sup>2</sup> (1% da área de estudo),

o que sugere desaceleração da conversão do uso do solo em áreas urbanas. Essa desaceleração pode estar associada tanto às crises econômicas vigentes em 2008 e 2014, como também à própria efetividade dos instrumentos de planejamento.

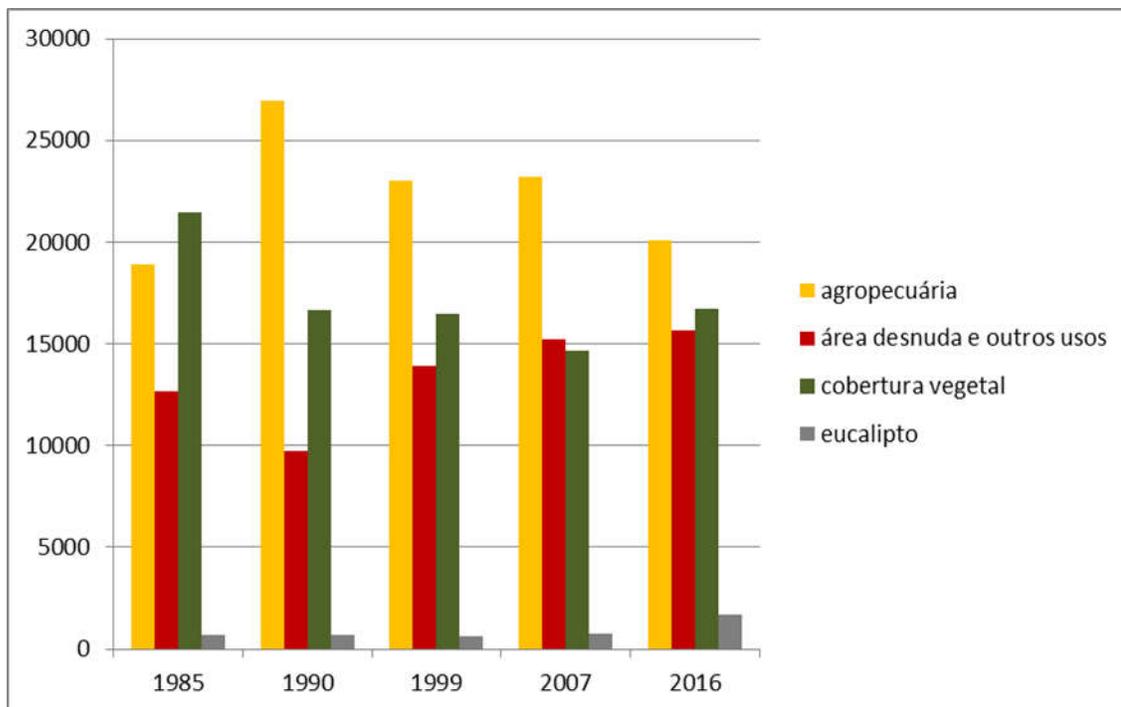
Digno de nota foi o aumento da cobertura vegetal, mediante acréscimo de 1.638 ha ou 16,38 Km<sup>2</sup> (3% da área de estudo) entre 2007 e 2016 (Figura 3.3 – 2007 e 2016; Gráfico 3.3 – 2007 e 2016). Mais uma vez ressalta-se as razões já expostas no que tange à desaceleração da economia e até mesmo a emergência dos instrumentos de planejamento ambiental. O Parque Estadual do Sumidouro, UC situada no interior da área de estudo, apesar de criado em 1980, teve sua regularização fundiária iniciada somente em 2008. Programas voltados para conservação e recuperação de áreas verdes puderam ser efetivados somente após o referido ano. Além disso, em 2009, foi instituída a Resolução Estadual SEMAD SEDRU nº 2, a qual identifica um sistema de Áreas Protegidas e as áreas de conectividade no vetor norte de expansão urbana de Belo Horizonte. Dentre as 20 UCs propostas pela referida resolução, 14 estão localizadas no interior da área de estudo. Apesar de grande parte destas UCs não terem o seu processo de criação concluída, a legislação vigente estabelece que estas áreas estejam congeladas, portanto novos usos antrópicos não podem ser estabelecidos em seu interior, motivo que contribui para a conservação e expansão da cobertura vegetal (Gráfico 3.3 – 2007 e 2016).

Se por um lado os usos associados à urbanização retraíram, por outro, observa-se a expansão de um uso até então pouco expressivo na área de estudo: o eucalipto. A cultura do eucalipto registrou aumento de 1091 ha ou 10,91 Km<sup>2</sup> (2% da área de estudo), o que passou a demandar maior volume de água de subsuperfície, tendo em vista as exigências deste tipo de cultivo (Figura 3.3 – 2007 e 2016; Gráfico 3.3 – 2007 e 2016; Figura 3.7).



**Figura 3.7:** Foto aérea que destaca a ocorrência do cultivo de eucalipto nas proximidades do limite da UC Cauaia, parte integrante do Sistema de Áreas Protegidas do vetor norte da RMBH.  
**Fonte:** Manuela Corrêa Pereira (2017).

De modo geral, constata-se que o uso agropecuário, sempre predominou ao longo dos anos analisados nesta pesquisa (Gráfico 3.4; Figura 3.8). Entretanto, nota-se que o referido uso tem sido convertido em loteamentos, representados pela classe “área desnuda e outros usos”. Esta última classe tem registrado cada vez mais representatividade na área de estudo (Gráfico 3.4), em decorrência da especulação imobiliária que incentiva a criação de condomínios e de novos bairros, o que acarreta adensamento populacional notadamente na porção sul da área de estudo (Figuras 3.4 e 3.5). Entretanto, observou-se uma desaceleração do crescimento deste uso entre 2007 e 2016. Já a classe “cobertura vegetal” registrou gradativa queda entre 1985 e 2007 (Gráfico 3.4), porém, em 2016 se nota sensível crescimento de sua área (Gráfico 3.4). Por fim, observa-se que a classe “eucalipto”, pouco representativa ao longo dos anos de 1990, 1999 e 2007, passa a ter um sensível crescimento em 2016 (Gráfico 3.4).



**Gráfico 3.4:** Evolução em hectares dos usos das classes “agropecuária”, “área desnuda e outros usos”, “cobertura vegetal” e “eucalipto”, nos anos de 1985, 1990, 1999, 2007 e 2016.



**Figura 3.8:** Uso agropecuário no entorno de duas depressões na área de estudo.  
**Fonte:** IEF (2013).

### **3.2.3) Evolução espaço-temporal das atividades de empreendimentos com potencial poluidor e degradador**

A evolução espaço-temporal do uso do solo, abordadas na seção anterior, proporcionou a visão de escala regional quanto as principais mudanças ocorridas no tempo e no espaço. Entretanto, as técnicas de sensoriamento remoto, utilizadas para imagens Landsat, não são capazes de detectar mudanças do uso do solo numa escala detalhada ou local, tais como a detecção de indústrias e de equipamentos urbanos. Apesar destas tipologias de uso serem tímidas do ponto de vista espacial, a magnitude de seus impactos socioambientais é bastante expressiva quando comparada a outras modalidades de usos de maior expressão espacial, como atividades agrícolas. Em razão deste fato, buscou-se identificar as atividades de empreendimentos de significativo potencial poluidor e degradador localizadas nos municípios da área de estudo.

De início foram identificadas todas as atividades dos empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental e localizadas nos municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos, Prudente de Moraes e Funilândia. Para tanto, utilizou-se o site governamental SIAM<sup>43</sup> com o apoio técnico de um funcionário da SUPRAM<sup>44</sup>. Posteriormente foram filtrados somente os processos que demandavam licença de operação e que apresentavam um dos seguintes status: licença concedida, licença provisória, licença prorrogada, licença revalidada. Já para os processos formalizados após 2008, além desses status foram considerados os seguintes: processo formalizado, análise técnica concluída e em análise técnica. Esses procedimentos visaram considerar todas as atividades que operaram, operam ou possuem a possibilidade de operar<sup>45</sup> nos municípios da área de estudo.

As atividades dos empreendimentos levantados foram agrupadas nas seguintes classes: (i) agrosilvopastoril – corresponde às atividades agrícolas, pecuárias e de silvicultura; (ii) equipamentos urbanos – contemplam as atividades de caráter público ou privado relativas à prestação de serviços, tais como saneamento, construção de vias, loteamentos, etc.; (iii) indústria – indústria de base, de bens intermediários ou de bens de consumo; e (iv) mineração – qualquer tipo de atividade que envolva a extração mineral. No intervalo temporal 1983 a 2017 foram identificadas 742 atividades com potencial poluidor e degradador; a distribuição destas atividades por classe de uso são elencadas na Tabela 3.3.

---

<sup>43</sup> Sistema Integrado de Informação Ambiental.

<sup>44</sup> Superintendência regional de regularização ambiental.

<sup>45</sup> O intervalo temporal analisado foi de 1983 a abril de 2017, de modo que há processos formalizados, em análise técnica ou em análise técnica concluída que podem obter a licença de operação em qualquer momento.

**Tabela 3.3:** Evolução temporal (1983 a 2016) do número de atividades com potencial poluidor por classe de uso nos municípios da área de estudo.

Fonte: SIAM (2017)

atividade/intervalo temporal	agrosilvipastoril	equipamentos urbanos	indústria	mineração	Total
1983-1990	0	0	5	0	5
1991-1999	2	4	56	26	88
2000-2007	3	115	253	23	394
2008-2016	5	41	170	39	255

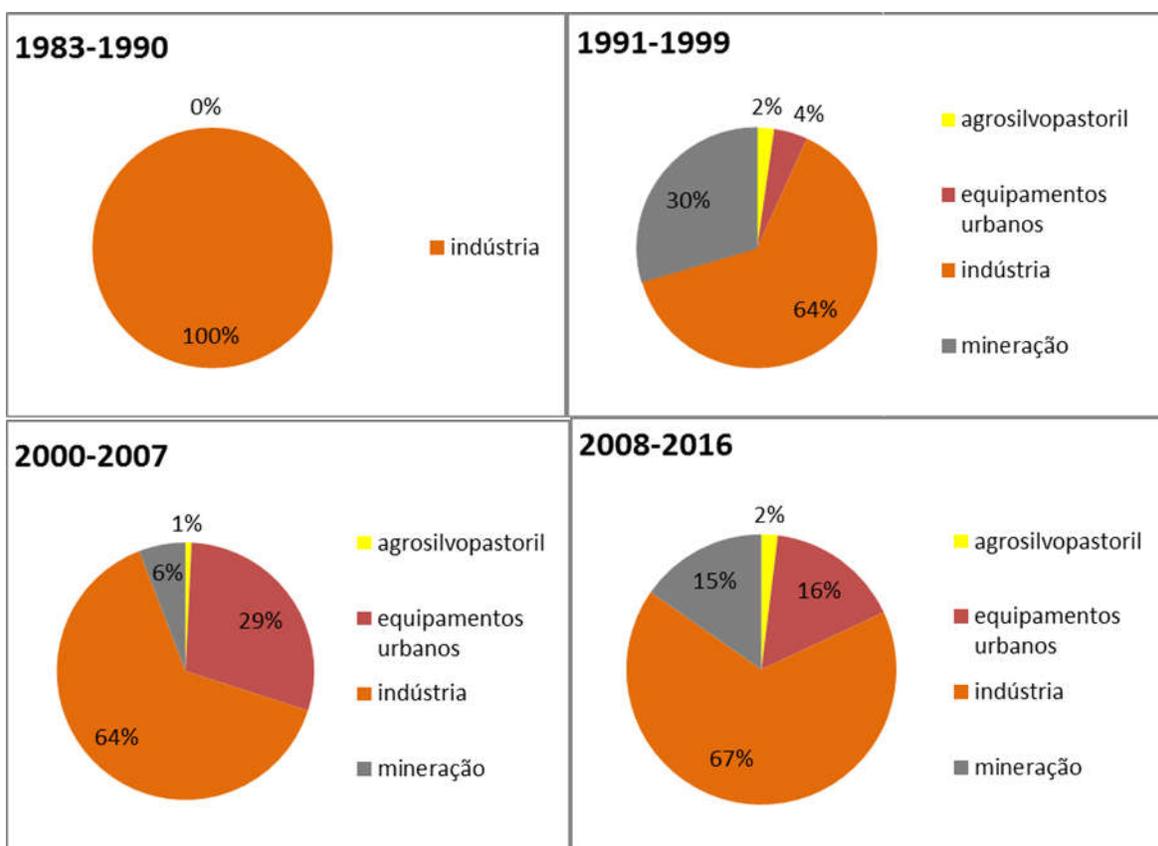
No período de 1983 a 1990 apenas cinco atividades obtiveram licença de operação (Tabela 3.3). Contudo, é importante ressaltar que na década de 1980 a legislação inerente ao licenciamento ambiental era ainda incipiente e, portanto, muitos empreendimentos atuavam sem alguma modalidade de licença ambiental. Destaca-se ainda o fato de que 100% destas atividades são de caráter industrial (Tabela 3.3; Gráfico 3.5 – 1983-1990) e estão associadas à fabricação de cimento, fator que caracteriza a região como fornecedora de matéria prima (cimento) para a construção civil.

Na década de 1990 foi registrado aumento nas atividades de empreendimentos que operavam com a licença ambiental (Tabela 3.3), com predomínio das atividades industriais (Gráfico 3.5 – 1991-1999), notadamente aquelas voltadas para a produção de cimento. As atividades minerárias passam também por processo de formalização e buscam obter licença de operação, de tal modo que chegam a representar 30% das licenças obtidas no referido período (Gráfico 3.5 – 1991-1999), com destaque para a extração de calcário. Os equipamentos urbanos representam 4% do total das atividades, de modo que o início do licenciamento desta tipologia de atividade evidencia o caráter de expansão urbana da área de estudo, já que tais equipamentos estão associados à atividades de loteamento, alargamento e pavimentação de vias e transporte rodoviário de carga. Já as atividades agrosilvopastis representam apenas 2% das atividades levantadas e estão associadas à preparação do leite e produção de laticínios.

O início do século XXI (2000 a 2007) é marcado por vertiginoso aumento de empreendimentos que operam nos municípios da área de estudo (Tabela 3.3; Gráfico 3.6), de modo que as atividades industriais continuam em destaque ao alcançarem 64% do total de atividades (Gráfico 3.5 – 2000-2007). Entretanto, apesar de grande parte destas atividades estarem atreladas à fabricação de cimento, observa-se sua diversificação, a saber: fabricação de borracha, fabricação de artigos de plástico, produção de ferro e aço, fabricação de equipamentos elétricos, produção de calçados, dentre outros. Registrou-se significativo aumento da operação de equipamentos urbanos que, de 4 atividades na década de 1990, passa a 115 (Tabela 3.3). Vale

ressaltar que as atividades desta classe estão associadas ao transporte de carga e ao transporte de resíduos perigosos, atividades intrinsecamente relacionadas às atividades industriais.

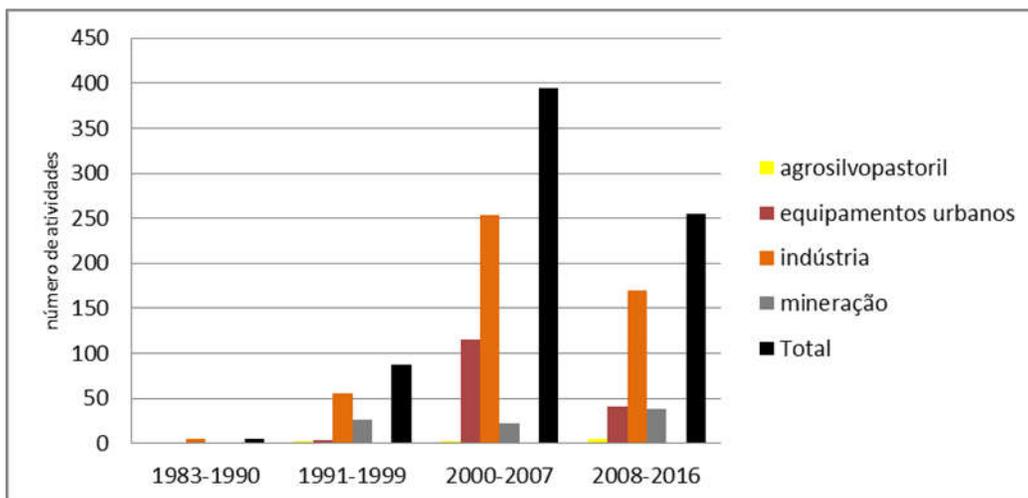
Apesar das atividades minerárias terem perdido representatividade nas atividades em operação deste período (Gráfico 3.5 – 2000-2007), observa-se que em números absolutos a queda do quantitativo de atividades não foi expressiva (Tabela 3.3). As atividades minerárias que mais se destacam em termos de quantidade correspondem à extração de calcário, argila e areia. Em termos de periculosidade se observa o licenciamento de atividades de lavra a céu aberto ou subterrâneo em áreas cársticas, com ou sem tratamento. Vale salientar que tal tipo de atividade possui grande potencial de poluição e degradação em áreas cársticas. Ainda observa-se que a operação de atividades agrosilvopastoris continua a ter baixa representatividade (Tabela 3.3; Gráfico 3.5 – 2000-2007) e está atrelada ao abate de animais de grande e médio porte e à produção de laticínios.



**Gráfico 3.5:** Proporção da tipologia das atividades com potencial poluidor e degradador para cada intervalo temporal analisado nos municípios da área de estudo (1983-1990, 1991-1999, 2000-2007, 2008-2016).

**Fonte:** SIAM (2017).

Por fim, observa-se significativa queda no número total de atividades do período 2000-2007 para o período 2008-2016 (Tabela 3.3). Apesar da redução no número de pedidos de licença de operação das atividades industriais, esta continua sendo a tipologia de atividade de maior destaque e com grande parte de suas atividades atreladas à fabricação de cimento (Tabela 3.3; Gráfico 3.5 – 2008-20016). O mesmo fenômeno de redução das atividades ocorre com os equipamentos urbanos (Tabela 3.3 e Gráfico 3.5 – 2008-20016; Gráfico 3.6), coincidindo com a desaceleração da expansão da “classe área desnuda e outros usos” já salientada na seção anterior. Há, ainda, um sensível aumento do número de atividades minerárias (Tabela 3.3), provavelmente associado às licenças prévias e de instalação demandadas no período anterior, 2000-2007. Já as atividades agrosilvopastoris permanecem associadas exclusivamente ao setor pecuário.

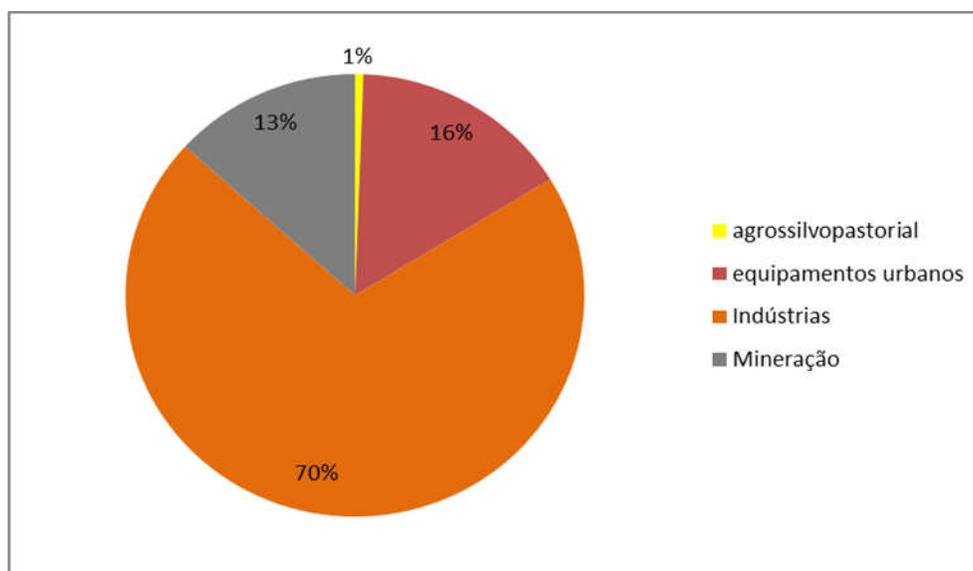


**Gráfico 3.6:** Evolução temporal do número de atividades com potencial poluidor e degradador que obtiveram a licença de operação e/ou estão em análise técnica.

**Fonte:** SIAM (2017).

De modo semelhante aos dados censitários do IBGE discutidos na primeira seção deste subcapítulo, os dados obtidos no SIAM refletem a evolução temporal das atividades de empreendimentos com potencial poluidor e degradador nos municípios em análise. Entretanto, esses dados não apresentam correspondência areal exata com os territórios municipais aqui investigados. Em razão deste fato foi efetivada a análise das atividades dos empreendimentos em consonância com georreferenciamento elaborado por Machado et al. (2016). Os referidos autores contemplam as atividades dos empreendimentos formalizados a partir de 2005, ano posterior à Deliberação Normativa COPAM nº 74 de 2004, que estabelece classes conforme o porte e o potencial degradador da atividade em questão.

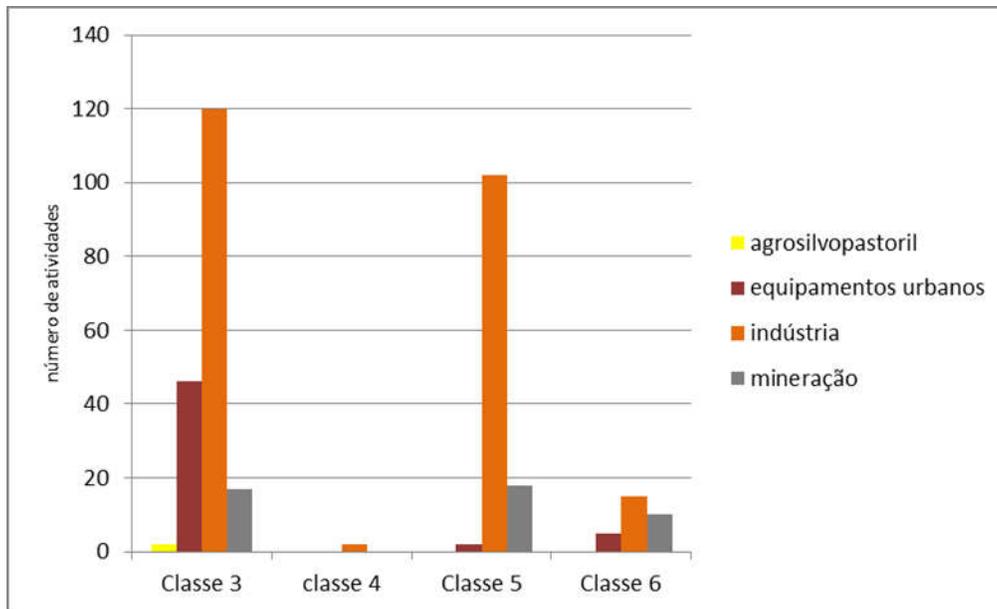
O Gráfico 3.7 expressa a proporção das tipologias de atividades localizadas no interior da área de estudo para o período entre 2005 e 2016 (Figura 3.10). Observa-se que essa proporção se assemelha àquela registrada pelas atividades localizadas nos municípios da área de estudo para o período de 2008 a 2016 (Gráfico 3.5). Tal observação legitima a análise anterior realizada para os municípios da área de estudo, uma vez que as atividades nela localizadas apresentam comportamento semelhante.



**Gráfico 3.7:** Percentual das atividades com potencial poluidor e degradador no período 2005-2016.

**Fonte:** Adaptado de Machado et al. (2016)

O Gráfico 3.8 revela a proporção e a quantidade das atividades conforme sua classe de potencial poluidor e degradador, de modo que quanto maior o número que denomina cada classe maior os danos que a atividade acarreta ao meio ambiente. Observa-se que as atividades industriais lideram em número de atividades em todas as classes e que majoritariamente se associam à mineração. Estas atividades estão concentradas nos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos e tendem a se localizarem próximas ou mesmo em continuidade espacial às atividades minerárias (Figura 3.9). As atividades minerárias se inserem nas classes 3, 5 e 6 e consistem na segunda tipologia que registra maior potencial poluidor e degradador (Gráfico 3.8). Todos os empreendimentos minerários estão localizados nos municípios que compõem o vetor de expansão urbana de Belo Horizonte e, portanto, estão localizados na porção sul da área de estudo (Figura 3.10).



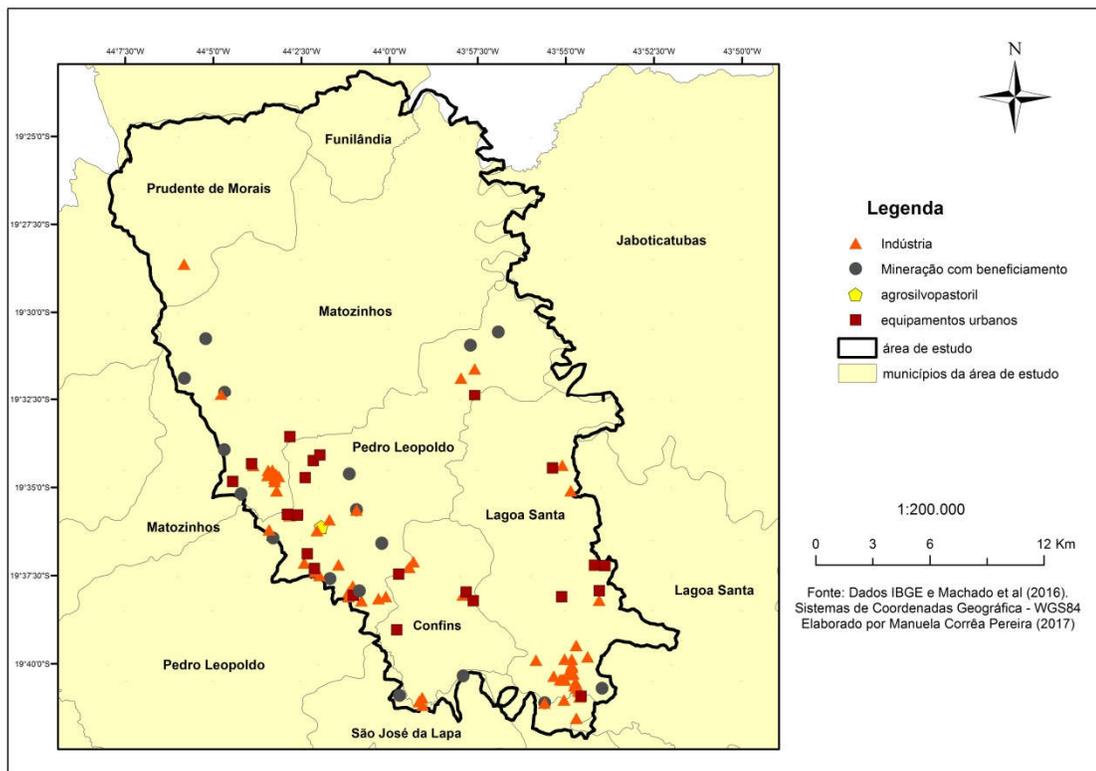
**Gráfico 3.8:** Classificação das atividades conforme seu potencial poluidor e degradador para o período de 2005 a 2016 (classe 3: pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor; classe 4: Grande porte e pequeno potencial poluidor; classe 5: Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor; e classe 6: Grande porte e grande potencial poluidor).

**Fonte:** Adaptado de Machado et al. (2016).



**Figura 3.9:** Mineração e beneficiamento do calcário na área de estudo.

**Fonte:** IEF (2013).



**Figura 3.10:** Distribuição espacial dos empreendimentos na área de estudo. Observe que os municípios localizados na porção meridional (vetor de expansão norte da RMBH), comparados aos municípios de Prudente de Morais e Funilândia, apresentam maior densidade de atividades potencialmente poluidoras e degradadoras.

As atividades inerentes aos equipamentos urbanos, a segunda tipologia com maior expressividade (Gráfico 3.7), estão inseridas nas classes 3, 5 e 6. Apesar de concentradas na classe de menor potencial poluidor e degradador (Gráfico 3.8), essas atividades podem ser precursoras e incentivadoras da instalação de atividades industriais e minerárias, seja através da instalação de rodovias, de loteamentos e até mesmo de atividades aeroportuárias que forneçam infraestrutura para a operação e escoamento da produção (Figura 3.11). Assim como as atividades industriais e minerárias, as atividades inerentes aos equipamentos urbanos se localizam nos municípios do vetor de expansão norte da RMBH, a saber: Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo e Matozinhos (Figura 3.10). Por fim, a única atividade agrosilvopastoril registrada se insere na classe 3 e se localiza no município de Pedro Leopoldo (Gráfico 3.8; Figura 3.10).

Baseando-se nos dados coletados do SIAM, observa-se que as atividades minerárias, seja através da extração mineral (classe mineração) ou da indústria minerária (classe indústrias), são aquelas que na área de estudo mais exercem impactos com potencial degradador e poluidor. Do ponto de vista dos sistemas

cársticos, tais impactos podem acarretar mudanças no padrão de fluxo subterrâneo, contaminação de aquíferos e, até mesmo, subsidências do terreno. Já as atividades inerentes aos equipamentos urbanos, além de em muitos casos resultar na impermeabilização da superfície que interfere na recarga dos aquíferos, acabam por estimular a instalação de indústrias e a própria expansão urbana. Estas últimas contribuem para a produção de resíduos sólidos e líquidos, seja de caráter industrial ou de caráter doméstico, os quais demandam tratamento com vistas a inibir a contaminação dos aquíferos cársticos.



**Figura 3.11:** Obras de expansão do Aeroporto Internacional Presidente Tancredo Neves, as quais se revelam potencialmente motivadoras de instalação de novas atividades econômicas em seu entorno.

Fonte: IEF (2013).

#### **3.2.4) Evolução espaço-temporal do tratamento do esgotamento sanitário e dos resíduos sólidos domésticos**

Se por um lado o crescimento populacional e o uso do solo causam impactos aos sistemas cársticos, por outro lado o tratamento adequado dos resíduos gerados pelas referidas pressões é essencial para a conservação desta paisagem. Torna-se essencial, por essa razão, diagnosticar como os municípios que compõem a área de estudo lidam com o tratamento do esgotamento sanitário e resíduos sólidos domésticos, cuja demanda é crescente em um contexto de expansão urbana.

Foram analisadas, de início, tanto a realidade de cada município da área investigada, como também as condições decorrentes do somatório dos dados

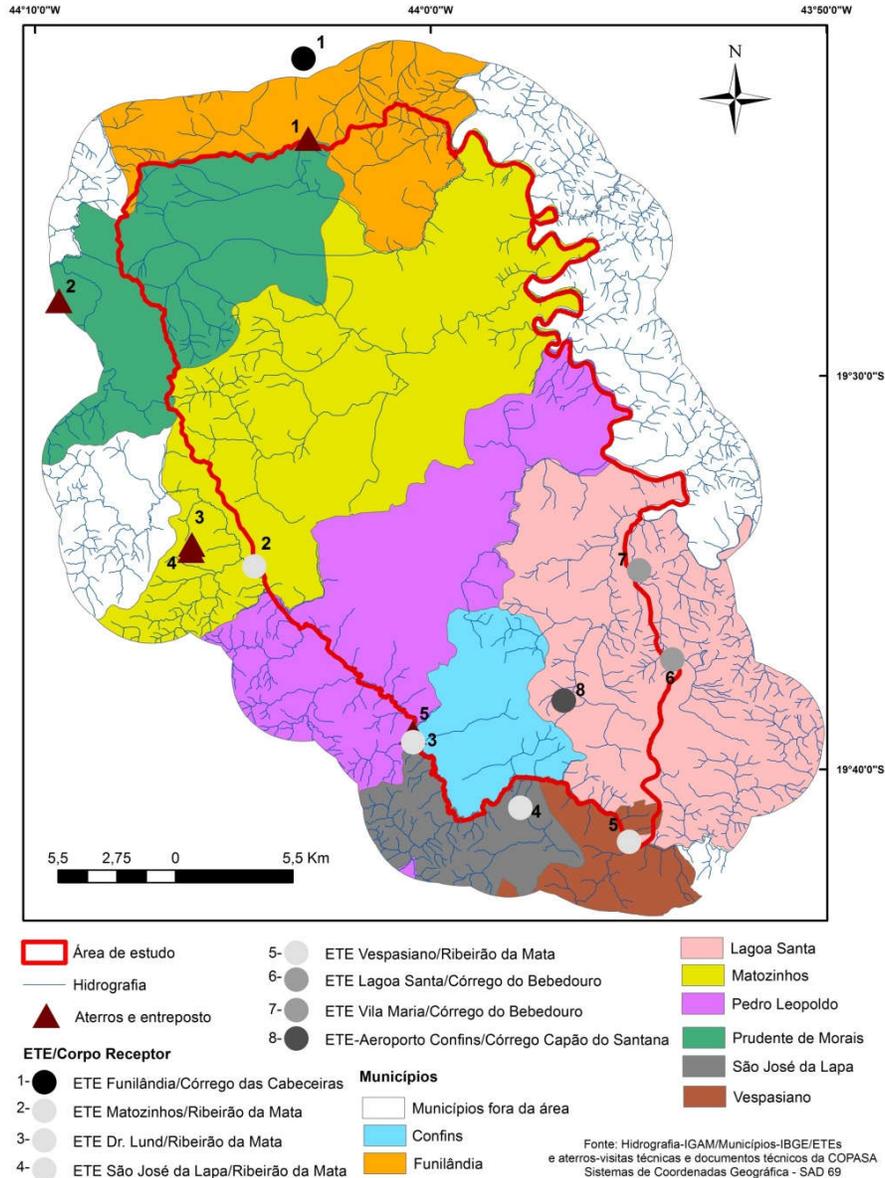
referentes a cada um deles, com vistas a se compreender como os domicílios da área de estudo tratam o esgotamento sanitário sob perspectiva temporal (1991, 2000, 2010 e 2016). Cabe ressaltar que a base de dados dos anos 1991, 2000 e 2010 consiste nos dados do censo dos referidos anos, onde todos os domicílios dos municípios da área de estudo foram recenseados e, quanto ao quesito esgotamento sanitário, foi analisado se os domicílios apresentavam os seguintes critérios<sup>46</sup>: rede geral de esgoto ou pluvial, fossa séptica, fossa rudimentar, outro escoadouro ou não possui sanitário. Tendo em vista que inexistem dados acerca do esgotamento sanitário recenseado pelo IBGE após 2010, optou-se por utilizar os dados fornecidos pela COPASA, os quais retratam a realidade do esgotamento sanitário em 2016. Entretanto, os dados da COPASA contemplam somente os domicílios com ligações ativas de água, ou seja, o número de domicílios com informações sobre o esgotamento sanitário pode ser inferior ao número real deles. De qualquer modo, os dados da COPASA são importantes, uma vez que quantificam os domicílios atuais cujos efluentes são coletados.

Em um segundo momento foi analisado um conjunto de gráficos que ilustra a evolução temporal (1991, 2000, 2010 e 2016) de como os domicílios da área de estudo tratam os resíduos sólidos domésticos. A base de dados dos anos 1991, 2000 e 2010 é aquela disponibilizada pelo IBGE, na qual todos os domicílios dos municípios da área de estudo foram recenseados no quesito inerente ao destino do lixo doméstico, tendo sido analisados os seguintes critérios<sup>47</sup>: coletado, queimado (na propriedade), enterrado (na propriedade) e jogado. Além disso, foram realizadas entrevistas com servidores responsáveis pelo meio ambiente nas prefeituras, visitas técnicas a lixões, aterros e ETEs foram efetivadas nos meses finais de 2015. Essas entrevistas e visitas tiveram como objetivo compreender a realidade atual do saneamento dos municípios que integram a área de estudo. As ETEs, aterros, UTC (usina de triagem e compostagem) e entrepostos levantados em campo e através de documentos técnicos estão representados na Figura 3.12.

---

<sup>46</sup> Existem diferenças de nomenclatura dos critérios nos censos analisados, portanto, utilizou-se o trabalho intitulado "Harmonização das variáveis de domicílios dos censos demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000" de ALVES (2005) para padronizar os referidos critérios.

<sup>47</sup> Existem diferenças de nomenclatura dos critérios nos censos analisados, portanto, utilizou-se o trabalho intitulado "Harmonização das variáveis de domicílios dos censos demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000" de ALVES (2005) para padronizar os referidos critérios.



**Figura 3.12:** Localização das ETEs, aterros, UTC e entreposto nos municípios que integram a APA Carste de Lagoa Santa.

### **Funilândia**

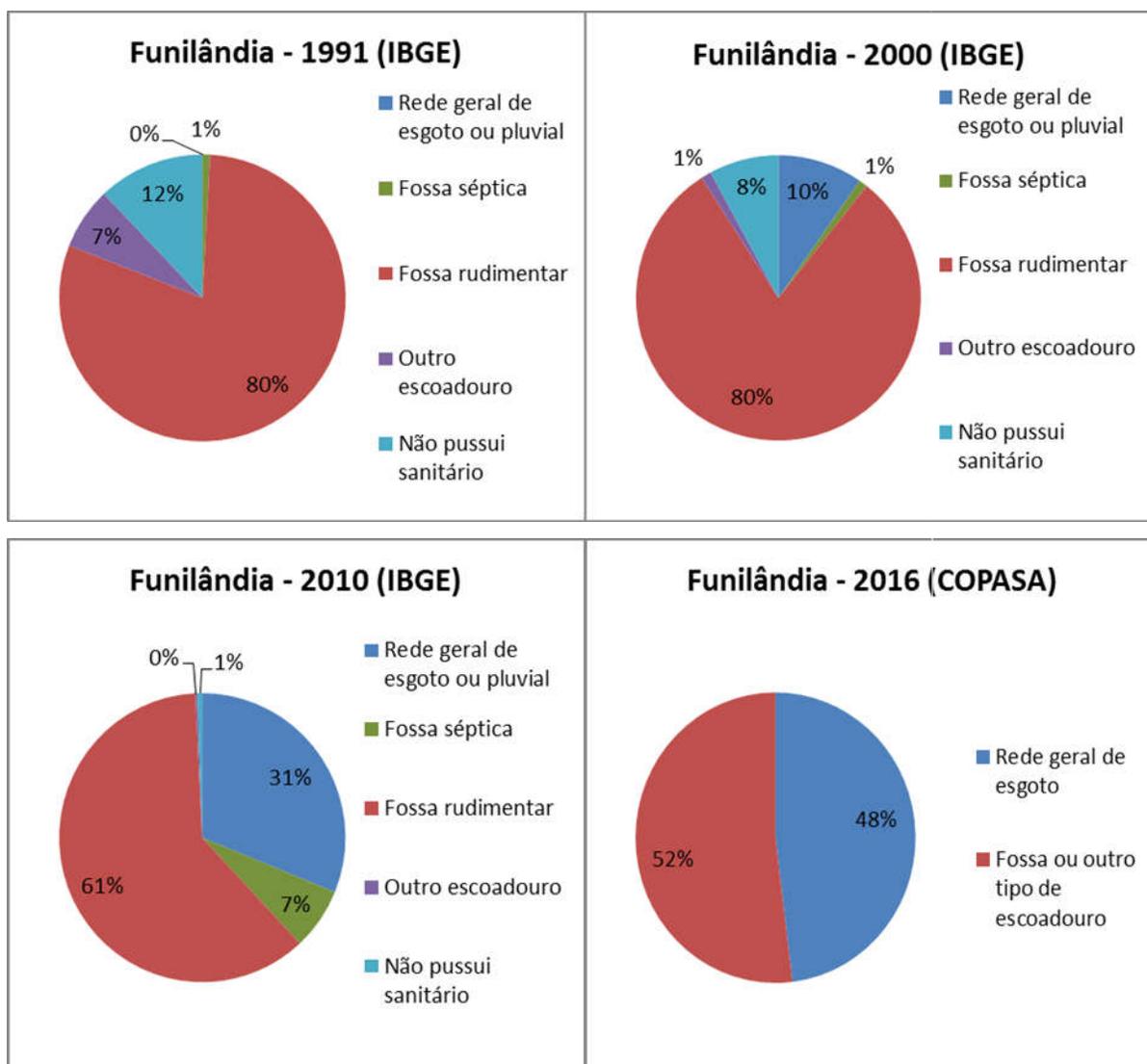
Funilândia, município localizado no extremo norte da APA Carste de Lagoa Santa (Figura 3.12), registrou uma significativa evolução no que tange ao tratamento adequado do esgotamento sanitário de seus domicílios. Nos anos de 1991 e 2000, 80% do esgotamento sanitário domiciliar era realizado mediante fossas rudimentares (Gráfico 3.9), de modo que os resíduos não recebiam tratamento e substâncias patogênicas poderiam atingir o aquífero cárstico. Em 2010 a proporção de domicílios

que utilizava fossas rudimentares reduziu de 80% para 62% e a proporção dos domicílios ligados à rede geral de esgoto ou pluvial aumentou de 10% para 31%, concomitante ao sensível aumento de fossas sépticas (Gráfico 3.9). Dentre os domicílios possuidores de ligações ativas de água em 2016, menos da metade tinha seu esgoto tratado em ETEs (Gráfico 3.9).

O esgoto doméstico de Funilândia é tratado pela COPASA desde 2013 (Figura 3.13); anteriormente a este ano os dejetos eram escoados sem tratamento e lançados no córrego das Cabeceiras. A ETE Funilândia que serve hoje ao município está localizada fora da área de estudo, como se pode observar no extremo norte da Figura 3.12. Há, ainda, no município de Funilândia o distrito de São Bento, integralmente localizado na área de estudo, porém não conta ele com tratamento de esgoto. Funcionários da prefeitura relataram que os domicílios deste distrito se utilizam de fossas rudimentares e que não há limpeza regular delas por parte da administração municipal.

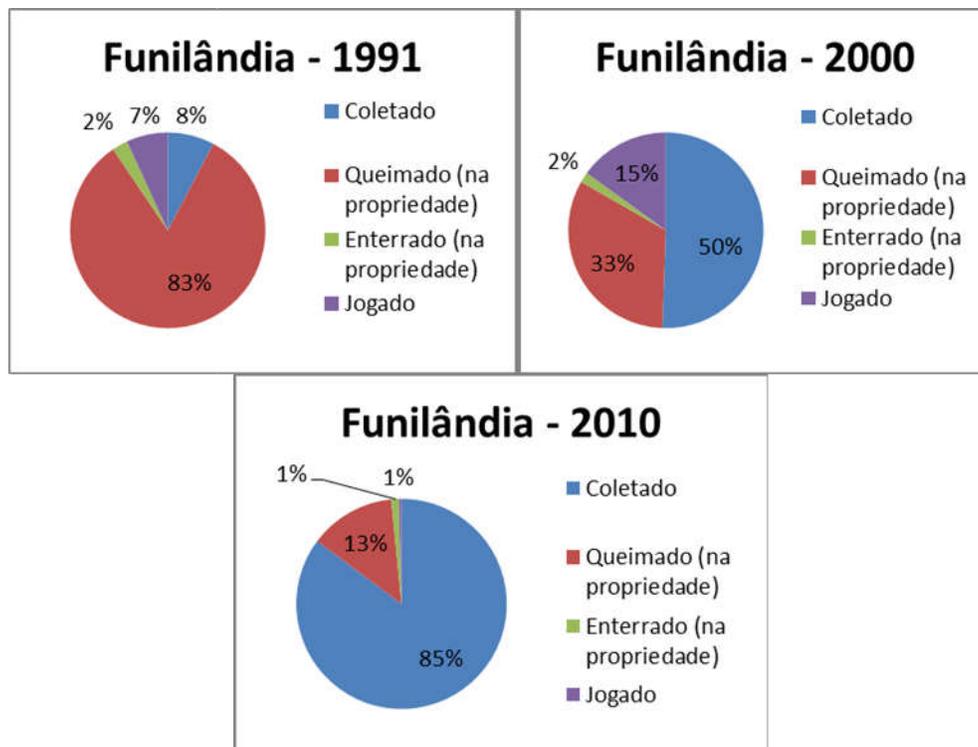


**Figura 3.13:** Estação de tratamento de esgoto da COPASA no município de Funilândia. (A) reator anaeróbico, (B) filtração e (C) secagem de lodo.



**Gráfico 3.9:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário no município de Funilândia (1991, 2000, 2010, 2016).

No que se refere à evolução do destino do lixo doméstico no município de Funilândia houve significativo avanço quanto a sua coleta (Gráfico 3.10). Em 1991 apenas 8% dos domicílios possuíam coleta, sendo 83% do lixo domiciliar queimado em cada propriedade (Gráfico 3.10). Esta queima pode acarretar sérios impactos ambientais mediante geração de gases tóxicos e resíduos que podem contaminar o ar, o solo e as águas subterrâneas. Em 2000, 50% do lixo domiciliar passa a ser coletado e 33% queimado na propriedade, entretanto, a proporção do número de domicílios que joga lixo nos córregos, lagos, dolinas e matas aumenta de 7% para 15% (Gráfico 3.10). Em 2010, 85% dos domicílios passam a ter os seus resíduos sólidos coletados e 15% são queimados, jogados ou enterrados (Gráfico 3.10).



**Gráfico 3.10:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Funilândia.

Embora grande parte do lixo doméstico do município de Funilândia esteja sendo coletado, é importante considerar qual tipo de manejo é destinado a estes resíduos. Para tanto, além de entrevista realizada com funcionários da prefeitura, realizou-se uma visita técnica ao aterro, o qual recebe todo o lixo doméstico do município e está localizado no interior da área de estudo (Figura 3.12). Apesar de o aterro ter sido classificado como controlado, verificou-se que o mesmo opera de forma precária, sendo ele desprovido de queimador de gás e de drenagem de chorume (Figura 3.14). Em novembro de 2015 funcionários da prefeitura relataram que foi assinado uma parceria público privada com o Estado de Minas Gerais, incumbida de desativar o atual aterro de Funilândia e destinar os resíduos sólidos domésticos para aterro localizado fora do município em que as condições de operação<sup>48</sup> são mais eficientes.

<sup>48</sup> Até maio de 2017 o aterro sanitário de Funilândia estava ativo e não havia previsão para a sua desativação.



**Figura 3.14:** Aterro sanitário do município de Funilândia em operação precária, localizado no interior da área de estudo.

### ***Prudente de Morais***

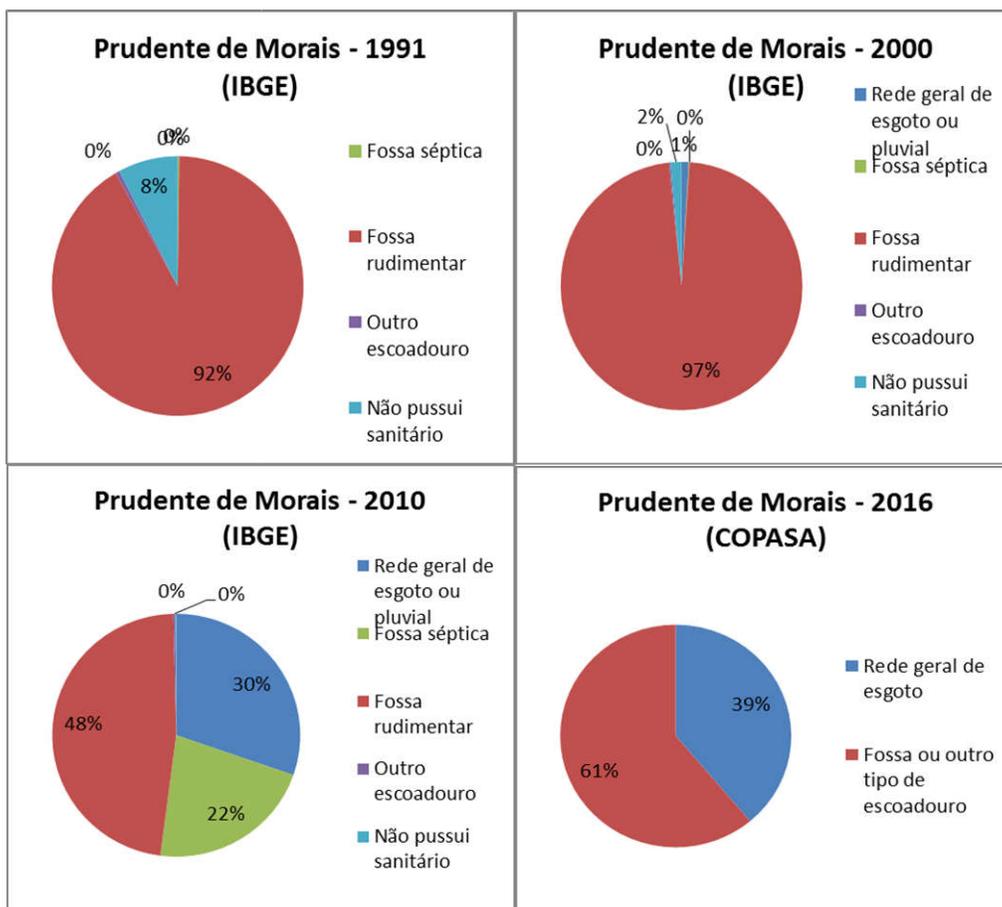
O município de Prudente de Morais, localizado na porção norte da área de estudo (Figura 3.12), apresenta evolução tímida no que tange ao tratamento de seu esgoto sanitário doméstico (Gráfico 3.11). Observa-se que entre 1991 e 2000 mais de 90% do esgotamento sanitário era armazenado em fossas rudimentares, sem nenhum tipo de tratamento (Gráfico 3.11). Somente a partir de 2010 que uma porcentagem significativa do esgoto passou a ser tratada, seja daquele coletado pela rede geral de esgoto (30%), seja de fossas sépticas (22%). No entanto, o número de domicílios que despeja seus esgotos em fossas rudimentares (48%) ainda é elevado (Gráfico 3.11). Em 2016 a situação do tratamento do esgotamento sanitário ainda permanece crítica, já que apenas 39% dos domicílios estão conectadas à rede geral de esgoto (Gráfico 3.11). Apesar de 39% dos municípios estarem conectados à rede de esgoto, cabe ressaltar que até final de 2015, a ETE do município estava desativada e os efluentes eram escoados *in natura* até o ribeirão Jequitibá Mirim (CBH Rio das Velhas, 2015). Segundo a COPASA, a nova ETE do município está em obras e terá a capacidade de tratamento de 100% do que for coletado já a partir de dezembro de 2018.

A coleta dos resíduos sólidos domésticos de Prudente de Morais evoluiu mais rápido que aquela efetivada em Funilândia (Gráficos 3.10 e 3.12). Em 1991, 58% do lixo domiciliar era queimado na propriedade e apenas 31% era coletado (Gráfico 3.12). Já em 2010, 96% do lixo domiciliar era coletado (Gráfico 3.12) e, segundo técnicos da prefeitura municipal, atualmente<sup>49</sup> 100% do lixo é coletado. Além disso,

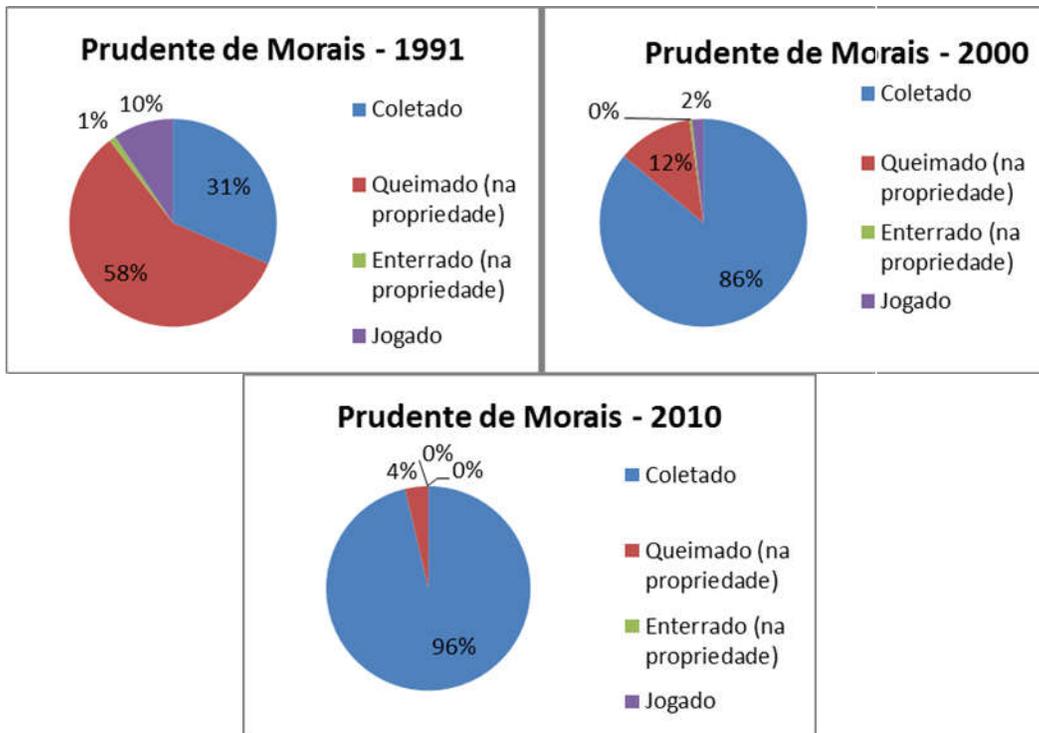
<sup>49</sup> Entrevista realizada em novembro de 2015.

vale ressaltar que o tratamento dos resíduos é realizado no próprio município em usina de triagem e compostagem (UTC) e aterro sanitário.

O aterro sanitário de Prudente de Moraes iniciou sua operação em 2004. Apesar de ser considerado pela prefeitura como “controlado”, verificou-se durante visita técnica que o mesmo não apresenta requisitos fundamentais para uma operação segura, a exemplo de base argilosa e de queimador de gás. Entretanto, no mesmo local do aterro funciona uma UTC, na qual todos os resíduos sólidos domésticos são separados e encaminhados para destino adequado. Nesta UTC papéis, plásticos e alumínio são prensados e destinados a empresas de reciclagem ou a leilões, mas a visita técnica registrou número deficiente de funcionários para lidar com o volume de resíduo produzido no município (Figura 3.15). Além disso, muitos trabalhavam em condição insalubre e na ausência de equipamentos adequados.



**Gráfico 3.11:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Prudente de Moraes.



**Gráfico 3.12:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Funilândia.



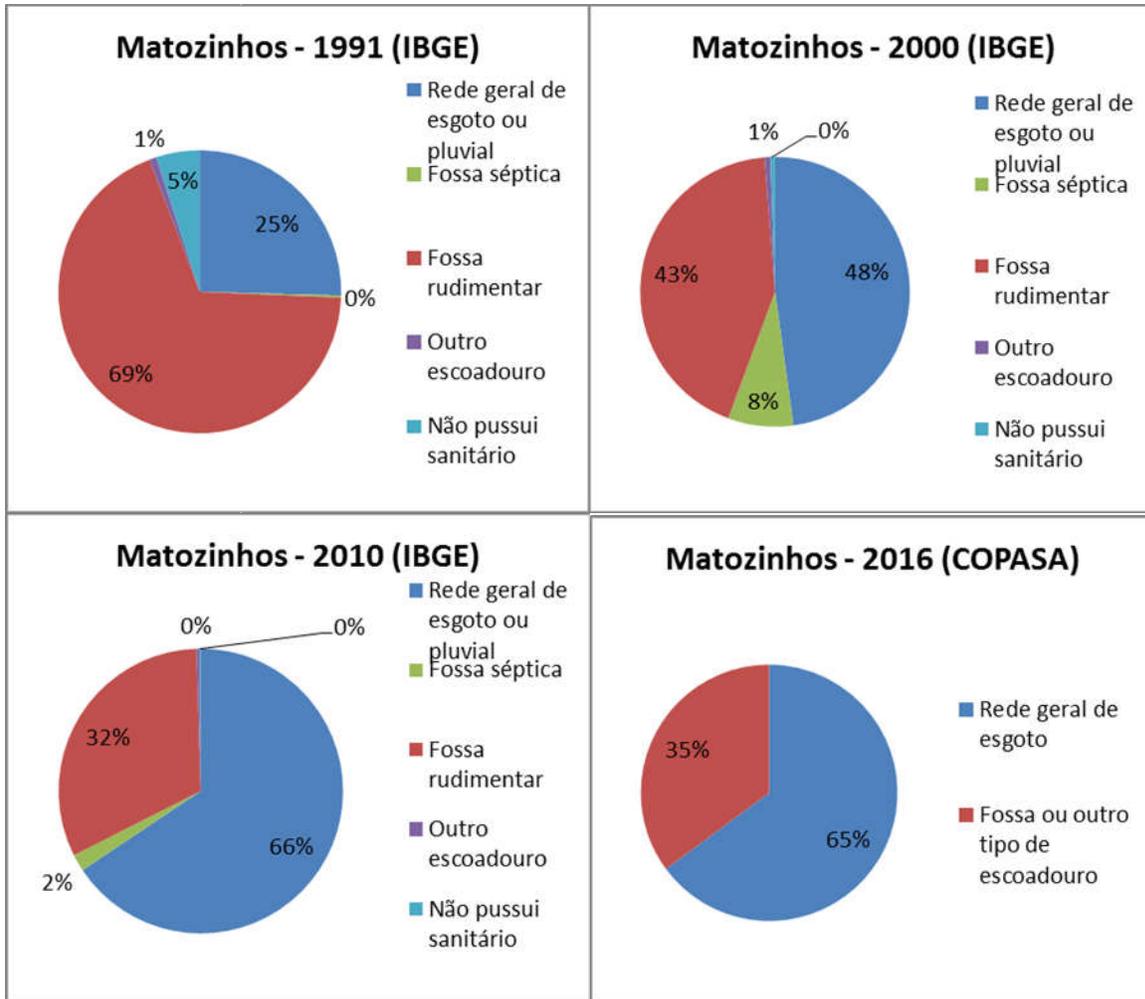
**Figura 3.15:** Funcionários da Usina de triagem e compostagem (UTC) localizada no município de Prudente de Morais.

### ***Matozinhos***

Matozinhos foi o primeiro município da área investigada a ter, em 2016, 65% de seus domicílios com ligação ativa de água conectados à rede geral de esgoto (Gráfico 3.12). Neste município a ETE da COPASA atua desde a década de 1990. As fossas rudimentares predominaram em 1991 e se mantiveram em quantitativo elevado em 2000 e 2010 (Gráfico 3.13). Vale ressaltar que o banco de dados do IBGE contempla dados de todos os domicílios do município, ao passo que aqueles fornecidos pela COPASA se referem apenas aos domicílios que possuem ligações ativas de água. Portanto, há um decréscimo percentual no período 2010-2016 daqueles domicílios conectados à rede geral. Apesar disso, pode-se afirmar que mais de 60% dos domicílios de Matozinhos está conectado à rede geral de esgoto.

Os efluentes domésticos do município, após tratamento, são lançados no Ribeirão da Mata (Figura 3.12), corpo hídrico localizado no extremo oeste da área de estudo. Entretanto, na parte central da área de estudo, localiza-se o distrito Mocambeiros, o qual possui 1063 imóveis que não dispõem de rede pública de coleta e efetuam seus lançamentos em fossas e córregos (COPASA, 2017). Tal fator é preocupante, tendo em vista que o distrito abarca importantes córregos, além de um complexo hidrogeológico pouco conhecido.

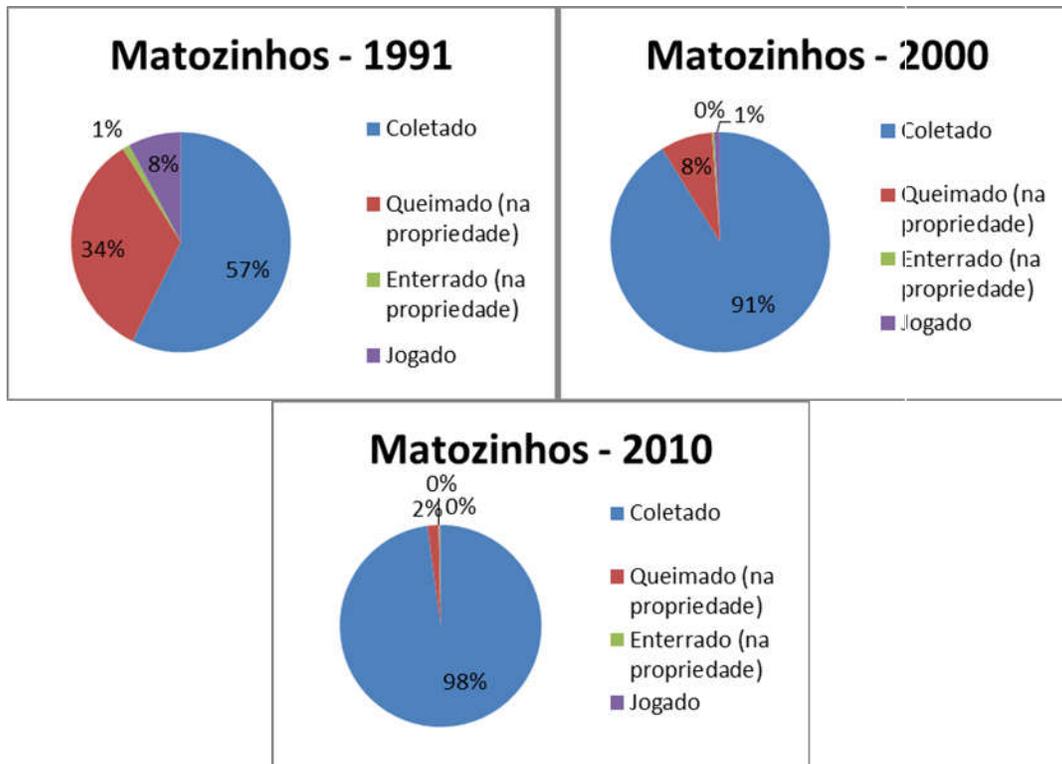
Segundo dados do IBGE, o município de Matozinhos registrou aumento significativo quanto a coleta de seus resíduos sólidos pois, em 2010, 98% desses resíduos eram coletados (Gráfico 3.14). Entretanto, Alt (2008) relata que o lixo doméstico de Matozinhos era despejado em uma dolina cercada por cavernas, sem nenhum tipo de tratamento, o que evidencia a gravidade do problema, sobretudo em áreas cársticas. Atualmente, o referido lixão está desativado, mas nenhum tipo de medida foi empregada na mitigação dos impactos causados ao longo dos anos nos quais os resíduos foram depositados. Em anos recentes o município construiu um aterro sanitário detentor de boa infraestrutura (Figura 3.16), o qual não se encontra ainda em operação, sendo o lixo do município encaminhado ao aterro sanitário de Macaúbas, no município de Sabará.



**Gráfico 3.13:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Matozinhos.



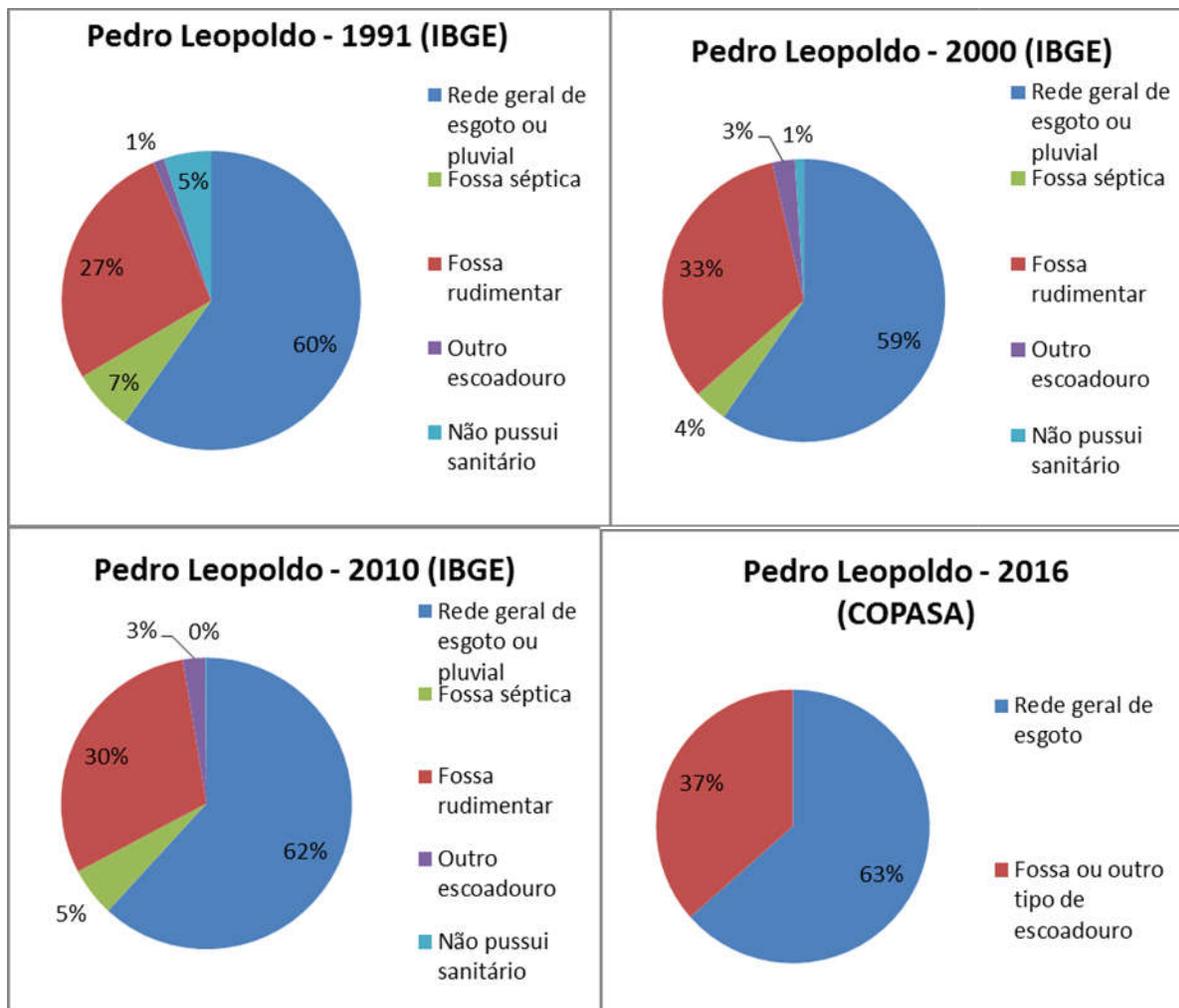
**Figura 3.16:** (A) Lagoas de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Matozinhos; (B) Aterro controlado de Matozinhos, que ainda não se encontra em operação.



**Gráfico 3.14:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Matozinhos.

### **Pedro Leopoldo**

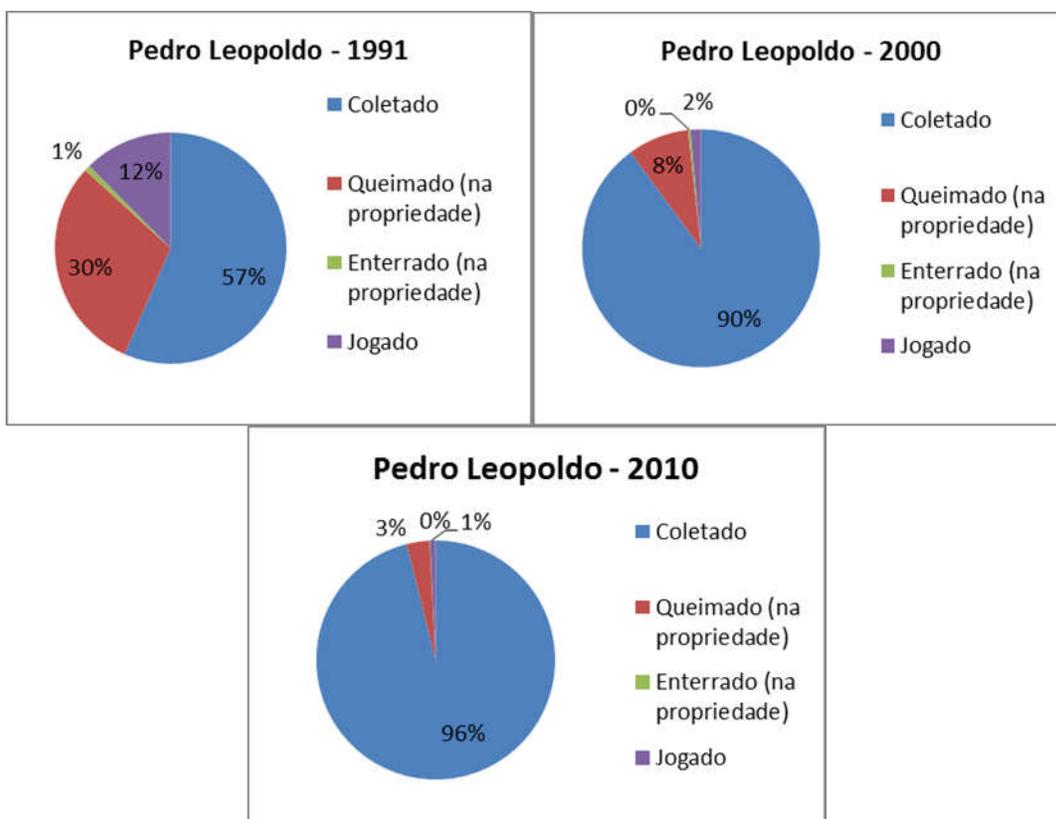
A evolução do destino do esgotamento sanitário do município de Pedro Leopoldo difere daquela registrada nos demais municípios analisados até o momento, visto que a proporção de domicílios conectados à rede geral de esgoto, ao longo dos anos em análise, permaneceu praticamente constante (Gráfico 3.15). Ademais, a proporção de fossas rudimentares também se manteve (Gráfico 3.15), o que configura fator de atenção, pois esta é uma modalidade significativamente nociva ao meio ambiente. Tal fato pode estar relacionado ao brusco crescimento populacional do município (Gráfico 3.1), indutor de ocupações irregulares que não contam com infraestrutura adequada ao saneamento básico. Até 2015 o município não possuía ETE em operação, sendo grande parte de seus efluentes domésticos lançada *in natura* no Ribeirão da Mata. Atualmente o município possui uma ETE em operação no bairro Dr. Lund, a qual utiliza o Ribeirão da Mata como corpo receptor (Figura 3.12).



**Gráfico 3.15:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Pedro Leopoldo.

Se a evolução do tratamento dos efluentes domésticos de Pedro Leopoldo é preocupante, a dos distritos que compõem este município e localizados no interior da área de estudo é alarmante. O distrito de Lagoa de Santo Antônio conta com 3368 imóveis e, apesar da mobilização da COPASA para que todos os domicílios estejam conectados à rede de esgoto até o dezembro de 2018, ainda não possui seus efluentes tratados em ETEs. Além disso, os distritos de Fidalgo (864 imóveis) e Quinta do Sumidouro (527 imóveis) lançam seus efluentes diretamente em fossas e cursos fluviais.

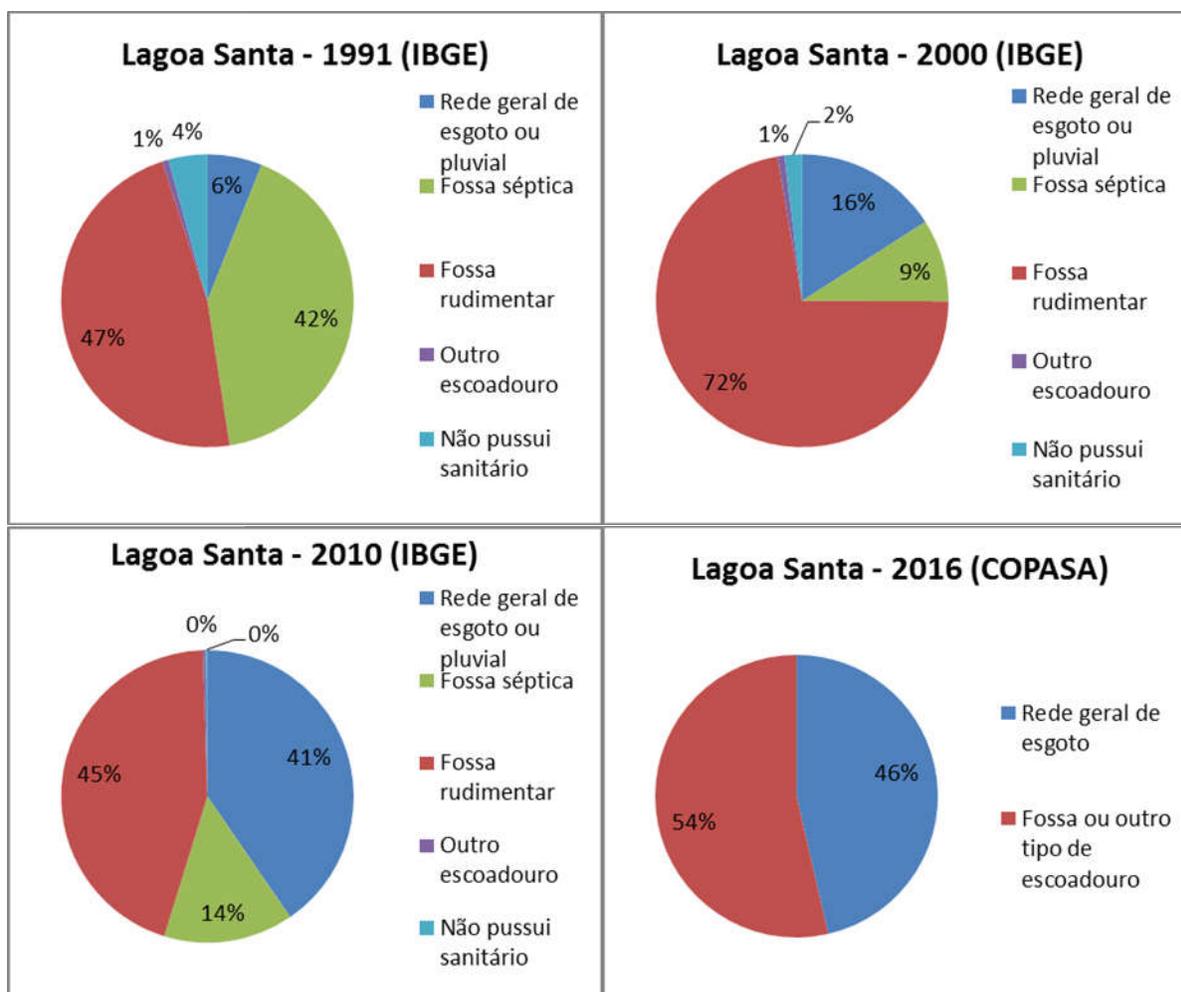
A evolução da coleta dos resíduos sólidos domésticos é positiva para este município, já que em 2010 96% dos municípios eram contemplados com a coleta da prefeitura e apenas 3% tinha seus resíduos queimados na propriedade (Gráfico 3.16). Atualmente o município não possui aterro sanitário ou lixão e todo resíduo sólido doméstico é encaminhado ao aterro sanitário de Macaúbas, localizado no município de Sabará.



**Gráfico 3.16:** Evolução temporal do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Pedro Leopoldo.

### **Lagoa Santa**

Lagoa Santa foi o município que teve a maior taxa de crescimento populacional entre os anos de 1980 e 2017 na área de estudo (Tabela 3.1). O município possui duas ETEs sob responsabilidade da COPASA, a ETE Lagoa Santa e a ETE Vila Maria, ambas possuem o Córrego Bebedouro como corpo receptor dos efluentes tratados (Figura 3.12). Apesar de atualmente possuir duas ETEs com capacidade para atender a 75% dos domicílios que possuem ligações ativas de água, apenas 46% possuem seus efluentes coletados e tratados (COPASA, 2017). A análise da proporção do tipo de tratamento do esgotamento sanitário permite concluir que, ao longo dos anos de 1991, 2000 e 2010, o tratamento adequado dos efluentes (fossa séptica e rede geral de esgoto) não acompanhou o crescimento populacional do município (Gráfico 3.17). As fossas rudimentares predominaram nos anos de 1991, 2000 e 2010, ao passo que a proporção de domicílios com fossa séptica registrou sensível redução de 1991 a 2010 (Gráfico 3.17).

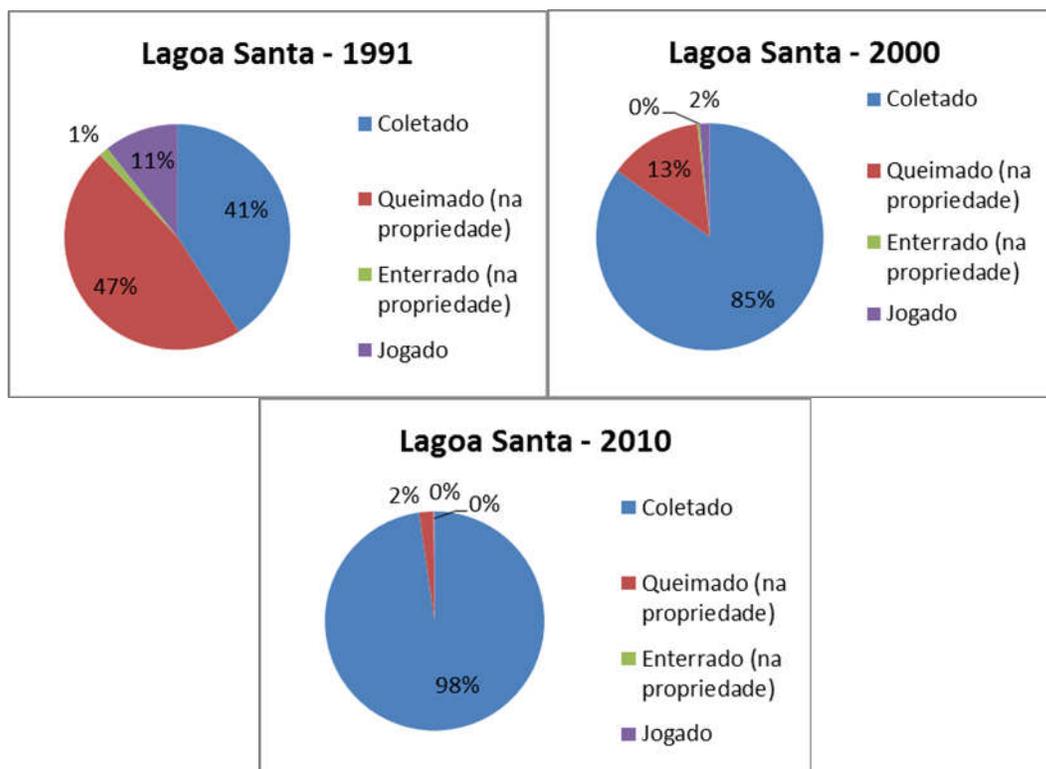


**Gráfico 3.17:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Lagoa Santa.

Lapinha, o único distrito de Lagoa Santa, o qual está inteiramente localizado na área de estudo, assim como os distritos de Pedro Leopoldo, também possui situação alarmante quanto ao destino e tratamento do esgotamento sanitário. Os 651 imóveis do referido distrito não possuem sistema de esgotamento público e lançam seus efluentes em fossas e cursos fluviais.

Por outro lado, a coleta de resíduos sólidos domésticos do município registrou sensível evolução, já que no ano de 2010 98% do lixo doméstico era coletado (Gráfico 3.18). Observa-se que, em 1991, mais de 50% dos domicílios queimava, enterrava ou jogava os seus resíduos em suas propriedades e até mesmo em córregos e áreas de recarga (Gráfico 3.18), ações comumente acarretam sérios danos aos sistemas cársticos. Portanto, a coleta e o destino adequado dos resíduos sólidos deste município são fundamentais para a conservação do meio ambiente. Além da coleta, a prefeitura de Lagoa Santa direciona todo o lixo doméstico para o

aterro sanitário de Macaúbas no município de Sabará, localizado fora da área de estudo.



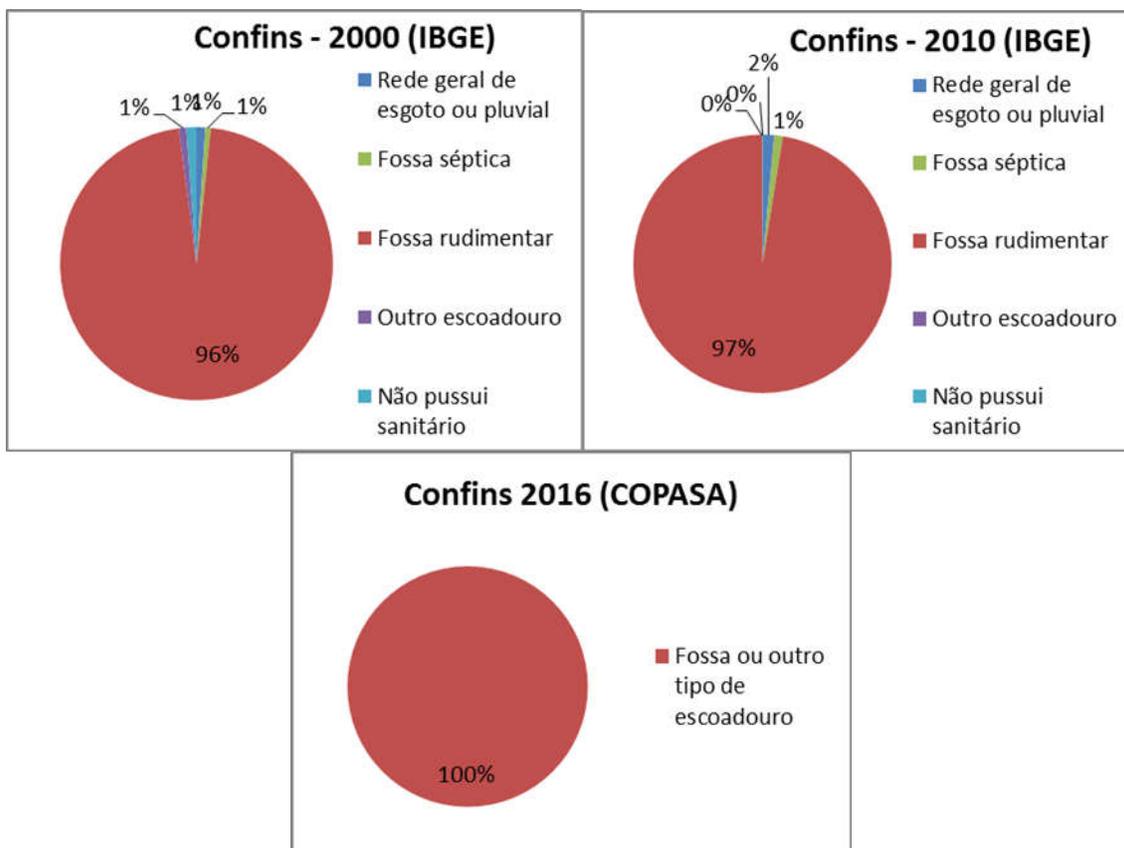
**Gráfico 3.18:** Evolução do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000 e 2010 no município de Lagoa Santa.

### Confins

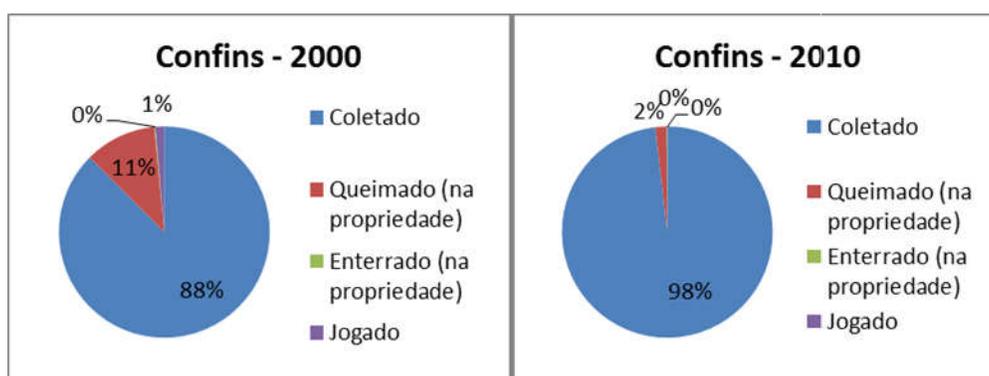
Confins é o único município cujo território se encontra integralmente localizado na área de estudo (Figura 3.12). Entretanto, até 21 de dezembro de 1995 era um distrito de Lagoa Santa, o que explica o fato de o IBGE apresentar dados acerca do destino do esgotamento sanitário apenas para os anos de 2000 e 2010 (Gráfico 3.19). Ao analisarmos os gráficos que tratam do esgotamento sanitário de Confins, observa-se que praticamente não houve evolução, seja através da criação de ETEs que estejam ligadas aos domicílios ou através da criação de fossas sépticas que são menos danosas ao meio ambiente (Gráfico 3.19). Apesar da existência da ETE Aeroporto de Confins, cujo corpo receptor é o córrego Capão do Santana (Figura 3.12), a referida ETE atende somente os empreendimentos associados às atividades aeroportuárias.

Quanto à evolução da coleta dos resíduos sólidos domésticos, observa-se que o município segue a tendência dos demais municípios já analisados nesta seção, já que em 2010 98% dos resíduos domésticos eram coletados (Gráfico 3.20). Assim

como em Matozinhos, Pedro Leopoldo e Lagoa Santa, os referidos resíduos são encaminhados ao aterro sanitário de Macaúbas, localizado no município de Sabará.



**Gráfico 3.19:** Evolução do tipo de tratamento destinado ao esgotamento sanitário durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016 no município de Confins.



**Gráfico 3.20:** Evolução do tipo de destino dos resíduos sólidos domésticos durante os anos de 1991, 2000, 2010 e 2016.

Pode-se concluir que, a partir de 2010, os resíduos sólidos domésticos dos oito municípios da área de estudo têm tido um destino mais adequado. Alt (2008) relata

que o destino do lixo na região configurava-se como um grave problema, já que apenas Pedro Leopoldo e Lagoa Santa possuíam aterros controlados, já Matozinhos possuía um lixão a céu aberto localizado numa dolina (feição que é área de recarga concentrada do carste). Atualmente, este cenário mudou, já que todos os municípios destinam seu lixo doméstico ao aterro de Macaúbas/Sabará, exceto Funilândia e Prudente de Moraes que possuem aterros semi-controlados, os quais ainda necessitam de melhorias.

O tratamento do esgoto domiciliar também registrou sensível melhora ao longo dos anos. Recentemente duas ETEs foram criadas: em 2015, no município de Pedro Leopoldo; em 2013, no município de Funilândia. Até recentemente estes municípios destinavam seus esgotos aos ribeirões e córregos da região sem nenhum tipo de tratamento. Apesar desta sensível melhora, ainda é preocupante a baixa adesão dos domicílios dos municípios às ETEs. É ainda mais alarmante a situação dos distritos e município, os quais estão totalmente inseridos na área de estudo (São Bento, Mocambeiros, Fidalgo, Lagoa de Santo Antônio, Quinta do Sumidouro, Lapinha e Confins), os quais lançam seus efluentes diretamente em fossas rudimentares e cursos fluviais.

O referido problema foi amplamente discutido ao longo do grupo focal, já que este método de entrevista contou com a presença de atores que atuam na COPASA, IGAM, prefeituras e ICMBIO. No próximo subcapítulo, serão contextualizadas as pressões antrópicas nas áreas mais frágeis do carste da área de estudo, bem como analisadas as falas dos atores que fizeram parte do grupo focal e que debateram sobre o tema “pressões antrópicas”.

### **3.3) CENÁRIO ATUAL DAS PRESSÕES ANTRÓPICAS DA ÁREA DE ESTUDO: SÍNTESE E VISÃO DOS ATORES**

Conforme abordado no subcapítulo anterior, observa-se que o meio natural da área de estudo tem sido transformado pela expansão do tecido urbano da RMBH. Na década de 1980, momento no qual se inicia a construção de empreendimentos públicos de grande magnitude, a exemplo do Aeroporto Internacional Presidente Tancredo Neves, as transformações se tornaram mais intensas quando comparadas àquelas vigentes em décadas anteriores. Entretanto, na escala temporal analisada por esta pesquisa (1980-2016), as transformações da década de 1980 foram tímidas quando comparadas às da década de 1990 e ao início dos anos 2000. Neste período, o qual se contextualiza no sistema político-econômico neoliberal, observa-se que o Estado criou e ampliou a infraestrutura (rodovias, aeroporto, Cidade Administrativa de

Minas Gerais, dentre outros), a qual possibilita tanto a expansão do capital produtivo (representado pelas indústrias, as quais transformam a matéria prima, como o calcário da Formação Lagoa Santa), como do capital especulativo (representado, sobretudo, pela especulação imobiliária, a qual gera impactos socioambientais irreversíveis, através do parcelamento do solo).

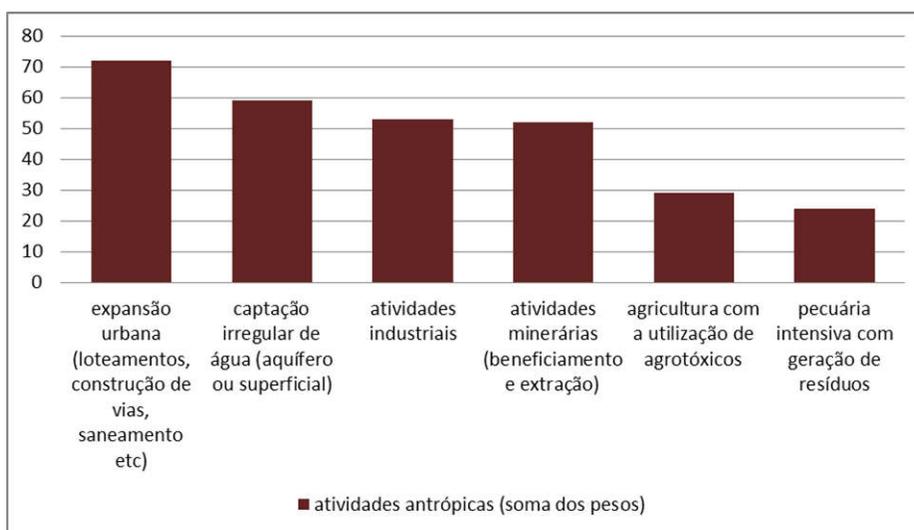
Além disso, é interessante observar a intensidade da expansão do tecido urbano da capital mineira nos municípios da área de estudo. A análise do crescimento populacional, baseada em dados do IBGE, permite constatar que houve um crescimento vertiginoso em parte dos municípios os quais estão, geograficamente, mais próximos de Belo Horizonte: Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos. Em contrapartida, os municípios de Prudente de Moraes e Funilândia apresentam crescimento populacional mais contido, quando comparado aos municípios citados anteriormente. O mesmo fenômeno acontece com os distritos e o único município integralmente localizado na área de estudo, Confins, os quais não apresentam um crescimento expressivo. Corroborando com a hipótese de maior influência do tecido urbano de BH nos municípios ao sul da área de estudo, pode-se constatar, através da evolução do uso do solo, detectada por meio de técnicas de sensoriamento remoto, uma expressiva expansão da mancha urbana, sobretudo ao redor da Lagoa Central do município de Lagoa Santa e da porção oeste da área de estudo, a qual abrange os municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos (Figuras 3.4 e 3.5).

A evolução do uso do solo também permite constatar que entre 1985 e 2007 houve significativa perda da cobertura vegetal, período no qual as áreas da referida classe se transformaram em áreas agropecuárias, urbanas e minerárias (Figura 3.3). Entretanto, a partir de 2007, cerca de 327 Km<sup>2</sup> de áreas agropecuárias foram transformadas em 54km<sup>2</sup> de áreas desnudas e outros usos, 109 Km<sup>2</sup> de cultivo de eucalipto e 163 Km<sup>2</sup> de cobertura vegetal. Este sensível aumento da cobertura vegetal pode estar atrelado à implantação de unidades de conservação e reservas legais nas propriedades rurais da área de estudo. No entanto, ao se recortar as áreas mais vulneráveis do sistema cárstico de Lagoa Santa<sup>50</sup>, nota-se que o uso agropecuário é majoritário, sendo seguido pelos usos inerentes à cobertura vegetal e às áreas desnudas e outros usos (Figura 3.17).

---

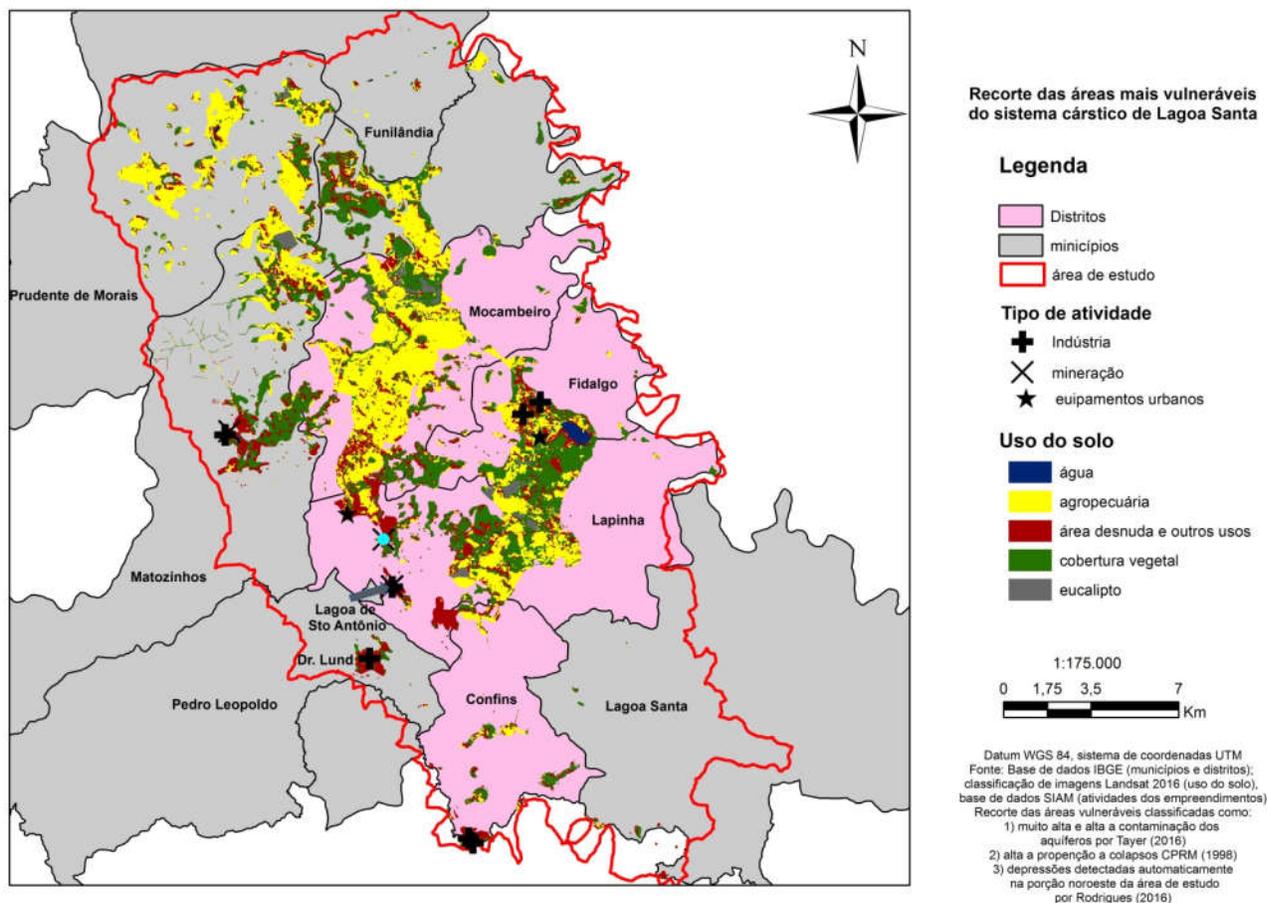
<sup>50</sup> O recorte das áreas mais vulneráveis do carste foi baseado em três parâmetros, a saber: (i) áreas classificadas como muito alta e alta a contaminação do aquífero, as quais foram mapeadas por Tayer (2016); (ii) áreas classificadas como de alta ocorrência de colapsos, mapeadas pela CPRM (1998); e (iii) depressões detectadas automaticamente na porção noroeste da área de estudo por Rodrigues (2016). Para maiores informações, consultar o capítulo anterior.

No que tange à compreensão dos atores<sup>51</sup> acerca das atividades que exercem maior pressão na paisagem da área de estudo, há destaque quanto às atividades inerentes à expansão urbana (loteamento, instalação de rodovias, saneamento precário, etc.) (Gráfico 3.21). Apesar do mapeamento do uso do solo demonstrar desaceleração no crescimento da classe “área desnuda e outros usos” no ano de 2016 (Gráfico 3.3) e da análise dos empreendimentos apresentar redução de equipamentos urbanos entre 2008 e 2016 (Gráfico 3.16), os procedimentos aqui adotados foram insuficientes para se reconhecer a evolução das pressões antrópicas inerentes à expansão urbana. Tal fato pode ser justificado pela escala de abrangência do mapeamento de uso do solo por não detectar pressões de abrangência local, bem como à ausência de informações qualitativas dos empreendimentos, os quais não abrangem a situação das ETEs, tampouco os loteamentos irregulares. Já a análise do esgotamento sanitário corrobora com a percepção dos atores ao sinalizar a precariedade das ETEs frente a expansão urbana da RMBH. A situação do esgotamento sanitário é crítica nos distritos de São Bento (ao sul de Funilândia), Mocameiro, Lagoa de Santo Antônio, Fidalgo, Lapinha e no município de Confins, os quais dispõem o seu esgoto em fossas rudimentares ou ainda apresentam problemas na coleta do esgotamento sanitário. Todos os locais supracitados possuem parte do seu território nas áreas mais frágeis dos sistemas cársticos (Figura 3.17), fator que agrava cada vez mais a vulnerabilidade deste tipo de sistema.



**Gráfico 3.21:** Visão dos atores quanto à tipologia de pressão com maior intensidade na sua área de atuação e geradora de problemas ambientais. Este gráfico foi elaborado a partir da soma dos pesos (1 a 5) considerados por cada ator no questionário aplicado antes do início do grupo focal, ou seja, quanto mais intensa a pressão, maior o peso e maior o valor no eixo y.

<sup>51</sup> Esta compreensão foi detectada através de questionário aplicado aos atores que participaram do grupo focal.



**Figura 3.17:** Uso do solo e empreendimentos nas áreas mais vulneráveis do sistema cárstico de Lagoa Santa.

Ainda com relação aos equipamentos urbanos se constata no Quadro 3.1 que também são recorrentes nos municípios da área de estudo problemas ambientais inerentes à rodovia MG-424 e ao parcelamento do solo. O primeiro sistematicamente enfatizado pelos representantes de Matozinhos, já que o tráfego pesado da MG-424 acarreta a poluição atmosférica, causando problemas respiratórios na população. O parcelamento do solo foi uma das questões mais debatidas durante a execução do grupo focal, visto que se configura como um problema para a maioria dos municípios, sobretudo aqueles localizados próximos às RMBH. No que se refere às ocupações irregulares, um dos representantes de Confins (Confins 2) afirma que:

*Há problema de ocupações irregulares em APPs de lagoas e de sítios arqueológicos. Grande parte do adensamento urbano é composto por ocupações irregulares (a maioria das pessoas não possui o registro dos seus imóveis) e por fossas negras. Existe somente um empreendimento com situação regular que é o condomínio Gran Royale aeroporto, onde o sistema de saneamento é através de fossas sépticas. Entretanto há 6 ou 7*

*empreendimentos irregulares com processo na Agência RMBH.*  
(Confins 2 - Grupo Focal, 2017)

**Quadro 3.1:** Síntese das pressões, por município, abordadas pelos atores que ao longo do grupo focal.

PRESSÃO/MUNICÍPIO	agropecuária	equipamentos urbanos	cobertura vegetal	mineração	esgotamento sanitário	Instabilidade Geotécnica
<b>Funilândia</b>	excesso de exploração da água e agrotóxicos de empresa que produz grama	Expansão de loteamentos irregulares em função de Sete Lagoas		Exploração de Pedra Lagoa Santa	Distrito de São Bento: fossas negras	
<b>Prudente de Morais</b>		Poluição causada pelo tráfego na MG-424				
<b>Matozinhos</b>	Água cortada para alguns cultivos	Poluição causada pelo tráfego na MG-424		Pó preto gerado pelas mineradoras	Distrito de Mocamboiros: fossas negras	abtimento do terreno de uma escola
<b>Pedro Leopoldo</b>		loteamentos irregulares			Fidalco: Fossas Negras; Lagoa de Santo Antônio: esgotamento sanitário precário; baixa adesão da população	
<b>Confins</b>	problema na drenagem do meio rural	problema na drenagem urbana; ocupações irregulares, ocupação urbana nas grande dolinas	Queimada e desmatamento irregular		Fossas negras	
<b>Lagoa Santa</b>		Parcelamento do solo		Mineração que margeia a rodovia MG-10	Lapinha: Fossas Negras. ETES do município não tratam o esgotamento de modo adequado, baixa adesão da população	Abatimento de terreno próximo à Lagoa Central

O representante do CBHVelhas (CBHVelhas 1) também tece considerações sobre a ocupação irregular na porção norte de Matozinhos, composta por áreas de alta fragilidade geotécnica e de contaminação dos aquíferos (Figura 3.17):

*...nessa região nós temos dolinamentos, dolinas vivas, ou seja, com grutas e cavernas... já houve tentativa do município, através de ex-gestora municipal de abrir um condomínio industrial na Fazenda da Gia, onde tem 3 dolinas alinhadas, vocês não podem entender, mas ... atrás da Gruta da Faustina (?) é uma declividade onde tem um sumidouro que também faz parte do conjunto Poções, outro detalhe que acontece ali, nós já temos ocupação já dentro desta área por várias casas e já houve o afundamento de uma escola, ou seja, toda a parte abaixo da MG424 jamais poderia ter sido ocupada. O próprio cemitério está entre uma dolina ali, uma dolina acá e uma dolina do outro lado, o "necrochorume" de lá é suco de água cárstica. Ou seja, tudo que está abaixo da MG 424 jamais poderia ter existido... então é uma região onde o risco geológico aí é brincadeira, uma escola foi construída e em 6 meses ela trincou toda ... (CBH Velhas 1 - Grupo Focal, 2017)*

A captação de água configura-se como a segunda pressão antrópica mais citada pelos atores que responderam ao questionário (Gráfico 3.21). Como abordado no Capítulo anterior, a referida pressão é transversal às demais atividades antrópicas, já que todas utilizam a água para a sua manutenção. De qualquer modo, durante execução do grupo focal, a captação irregular de água foi associada às atividades agrícolas, sobretudo nos municípios de Funilândia, Matozinhos e Confins (Quadro 3.1). O representante de Funilândia (Funilândia 1) destaca que existe nos municípios

um problema no qual os pivôs estão interrompidos por tempo indeterminado e que existem problemas ao autorizar um município a retirar água para agropecuária. Em contrapartida, há grande consumo de água pela empresa LR Gramas, localizada no município de Matozinhos. Já o representante de Confins (Confins 1) possui uma visão a longo prazo sobre a questão do consumo de água por parte municípios:

*... Desde que se começou a emitir o certificado de outorga, a concessão da outorga é um ato que ele pode ser revisto e revogado, até mesmo sem aviso prévio. Uma vez que tendo pautado os consumos prioritários, ele pode ser cortado, independentemente se é cultura de eucalipto, tomate, batata. O que nós temos que colocar na nossa pauta de discussão, que até então nós solicitávamos outorga ao IGAM ou a ANA, sem nos preocuparmos com a quantidade de água que a natureza estava nos cedendo graciosamente. De repente o homem chegou, desmatou a floresta toda, desnudou o solo, depredou a bacia hidrográfica, a área de recarga dos lençóis e depois quer a garantia de água? Não vai ter garantia nem para o consumo humano. O que temos que colocar na nossa pauta é que temos que produzir água, se quisermos consumir água. Se não tivermos produção de água não adianta, vamos chorar e morrer de sede.” (Confins 1 – Grupo Focal, 2017)*

As atividades industriais correspondem à terceira pressão mais citada pelos atores que responderam ao questionário (Gráfico 3.21). Conforme abordado no subcapítulo anterior, as atividades industriais representam 70% das atividades que possuem licença de operação na área de estudo (Gráfico 3.7) e, na maioria das vezes, estão associadas às atividades minerárias, as quais correspondem à quarta pressão mais citada pelos atores da região (Gráfico 3.21). O mapa da Figura 3.17 expressa a operação de indústrias e mineradoras nas áreas mais vulneráveis do carste, cuja maior concentração se encontra nos municípios mais próximos a Belo Horizonte (Matozinhos, Pedro Leopoldo, Confins e Lagoa Santa).

Por fim, as atividades agropecuárias foram consideradas as pressões com menor peso, segundo os atores que responderam ao questionário (Gráfico 3.21). Estas atividades predominam nas áreas mais vulneráveis do carste (Figura 3.17) e comumente demandam captação excessiva de água e uso intenso de agrotóxicos, o que pode favorecer o colapso da superfície e a contaminação do aquífero, respectivamente.

O objetivo deste capítulo esteve voltado para o reconhecimento das pressões antrópicas e de sua evolução espaço temporal na área de estudo. As respostas fornecidas pelos atores mediante aplicação de questionário aos integrantes do grupo focal, uma vez cotejadas com dados e informações apresentados nas seções anteriores, permitiu constatar que as pressões antrópicas são intensas até mesmo nas

áreas mais vulneráveis do carste. Diante desta constatação, questiona-se a respeito do papel dos diversos instrumentos de planejamento urbano e ambiental na área de estudo. Este questionamento constitui o eixo norteador das análises elaboradas no próximo capítulo.

## Capítulo 4

# INSTRUMENTOS PARA AS GESTÕES TERRITORIAL E AMBIENTAL NO BRASIL: QUAIS ASPECTOS CONVERGEM PARA A PROTEÇÃO DO CARSTE?

No segundo capítulo desta tese foram apresentados os aspectos inerentes à fragilidade dos sistemas cársticos frente às atividades antrópicas. O termo “vulnerabilidade intrínseca” dos sistemas cársticos foi abordado fundamentando-se nos estudos de pesquisadores da área de geociências que têm como objetivo, baseando-se em aspectos físicos (geologia, hidrogeologia, hidrologia, pedologia e geomorfologia), identificar as áreas mais vulneráveis aos contaminantes oriundos das atividades antrópicas. Entretanto, o termo vulnerabilidade também é adotado por outras áreas do conhecimento que dialogam com a Ecologia Política<sup>52</sup>. Apesar de existirem diversas possibilidades quanto ao conceito “vulnerabilidade”, Cutter (1996) enumera três tendências de pesquisas que utilizam tal conceito: (i) *vulnerability as a pre-existing condition*, (ii) *vulnerability as a social/tempered response*, e (iii) *vulnerability as a hazard of place*. De modo geral, a primeira e a segunda tendência focam, respectivamente, os riscos relacionados aos fatores biofísicos e tecnológicos; e nas respostas inerentes à resistência e resiliência social aos riscos. Já a última tendência busca combinar elementos das duas tendências supracitadas, mas dentro de uma área específica ou domínio geográfico.

Esta pesquisa está associada à primeira tendência explicitada por Cutter (1996), tendo em vista que a fragilidade dos sistemas cársticos consiste numa condição preexistente e o risco que estes sistemas podem acarretar ao homem aumenta à medida que há uma intensificação das atividades antrópicas com alto potencial poluidor e degradador. Entretanto, também possui elementos da terceira tendência, já que o domínio geográfico em questão é delimitado em função do carste. Além disso, um dos objetivos desta tese é analisar como os instrumentos para a gestão territorial e ambiental lidam com as fragilidades deste sistema. Logo, a criação destes instrumentos pode ser entendida como uma tentativa de resistência humana à exposição destes riscos.

Dentro deste contexto, este capítulo tem como objetivo analisar os principais instrumentos de planejamento urbano e ambiental no âmbito nacional<sup>53</sup>, assim como compreender em que medida tais instrumentos abarcam aspectos que convergem

---

<sup>52</sup> A Ecologia Política emergiu durante a década de 1970 e possui suas raízes nas ciências ecológicas e sociais. Na Geografia, esta ciência estabeleceu-se como um campo dominante da pesquisa humano-ambiental (WALKER, 2011).

<sup>53</sup> O próximo capítulo tratará, especificamente, dos instrumentos de planejamento urbano e ambiental da área de estudo.

para a proteção das peculiaridades dos sistemas cársticos. Utilizaram-se como critério de seleção, os instrumentos para a gestão territorial que implicam o ordenamento do uso e ocupação do solo, ou seja, que abrangem uma escala municipal a regional. Já o critério de seleção dos instrumentos para a gestão ambiental foi baseado em instrumentos que estabeleçam regulamentações numa escala pontual ou local para empreendimentos ou atividades com potencial poluidor ou degradador ou até para a proteção de cavidades naturais. Desse modo, com o intuito de agrupar estes instrumentos, o presente capítulo foi subdividido em duas seções: (i) Instrumentos para a gestão territorial: Planos Diretores, Planos de Manejo, Zoneamento Ecológico Econômico, e Planos de Bacia Hidrográfica e (ii) Instrumentos para a gestão ambiental: licenciamento ambiental (EIAs<sup>54</sup>) e legislação pertinente às cavidades naturais.

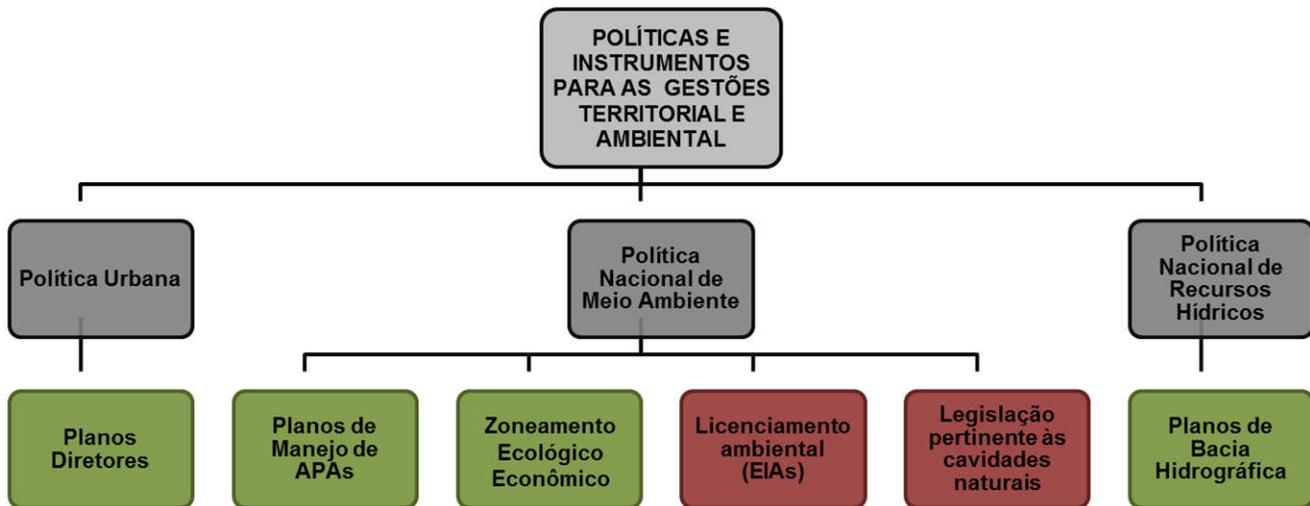
Na primeira seção serão abordados os seguintes instrumentos: Plano Diretor (PD)<sup>55</sup> de municípios, Planos de Manejo (PM) de Áreas de Proteção Ambiental<sup>56</sup> (APAs), Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), e Planos de Bacia Hidrográfica (PBH). Além disso, realizou-se breve histórico sobre a evolução destes instrumentos, bem como breve contextualização sobre a Política na qual estão inseridos: Política Urbana, Política Nacional de Meio Ambiente e Política Nacional de Recursos Hídricos (Figura 4.1). Já na segunda seção, serão analisados os instrumentos de gestão ambiental de abrangência local/pontual que mais se aproximam à temática pertinente à vulnerabilidade de áreas cársticas, são eles: o licenciamento ambiental (EIAs) e a legislação pertinente às cavidades naturais, que pertencem à Política Nacional de Meio Ambiente (Figura 4.1).

---

<sup>54</sup> Estudos de Impacto Ambiental

<sup>55</sup> Na seção que tratará sobre os Planos Diretores, também serão considerados os Planos de Saneamento e os Planos de Resíduos Sólidos. Apesar de fazerem parte, respectivamente, da Política Federal de Saneamento e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os referidos planos apresentam objetivos semelhantes aos da Política Urbana.

<sup>56</sup> O Sistema Nacional de Unidades de Conservação prevê a criação de UCs de proteção integral e de uso sustentável. As APAs consistem em UCs de uso sustentável, ou seja, é permitida a manutenção de atividades antrópicas, desde que estejam em consonância com os objetivos desta área protegida. Portanto, optou-se pela referida UC, pois além de ter uma diversidade de usos em seu território, a mesma possui uma abrangência regional.



**Figura 4.1:** Relação dos instrumentos para a gestão territorial (em verde) e para a gestão ambiental (em vermelho) com suas respectivas políticas de origem (em cinza).

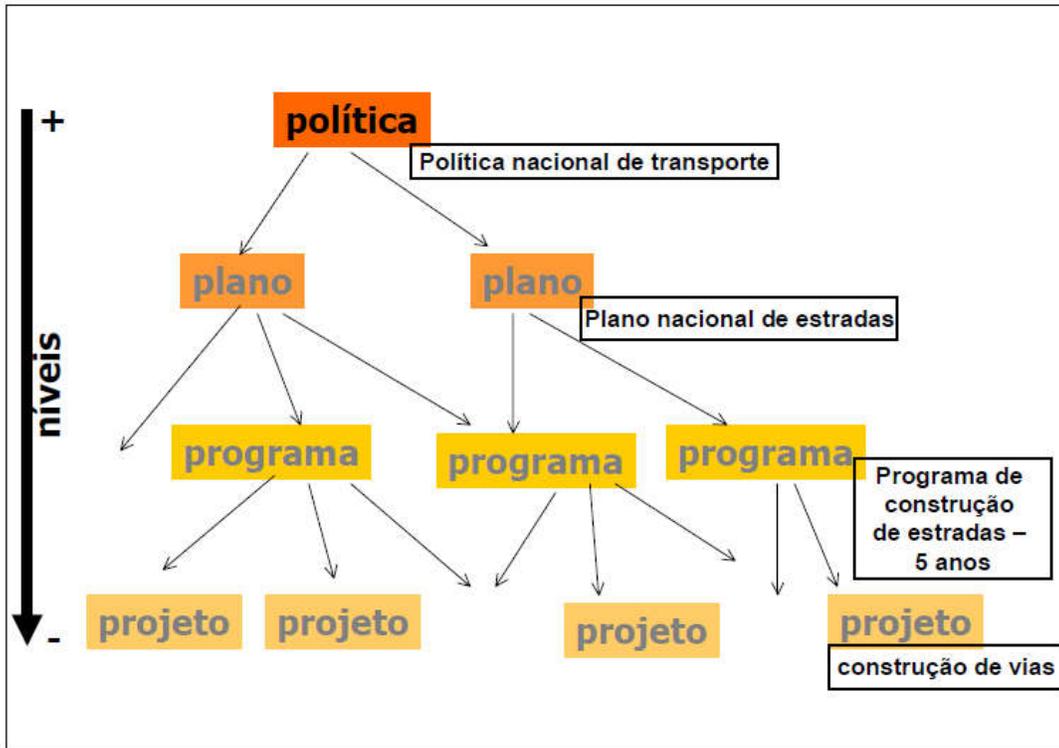
#### **4.1) INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO TERRITORIAL: PLANOS DIRETORES, PLANOS DE MANEJO, ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO, E PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA**

Segundo Santos (2007), o termo “instrumentos”, consiste num conjunto de instrumentos técnicos, jurídicos e administrativos que visam: definir normas para organização territorial, elaboração de planos e programas, propostas de monitoramento e controle, proposição de subsídios ao gerenciamento e elaboração de mecanismos de gestão. Já o termo “gestão territorial”, segundo Dallabrida (2007), refere-se aos diferentes processos de tomada de decisão dos atores sociais, econômicos e institucionais de um determinado âmbito espacial. Desse modo, compreende-se que os instrumentos são medidas técnicas jurídicas e administrativas que podem subsidiar a gestão territorial, ou seja, as tomadas de decisão no que tange ao uso e ocupação do solo de um determinado espaço.

A Política Urbana, a Política Nacional de Meio Ambiente e a Política Nacional de Recursos Hídricos têm criado instrumentos de planejamento territorial com a finalidade de fornecer subsídios técnicos para a gestão de seus territórios em consonância com os princípios previstos para cada política. Dentre estes instrumentos, destacam-se aqueles que influenciam no ordenamento do uso e ocupação do solo: Planos Diretores (PD) municipais, Planos de Manejo (PM) de APAs, Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), e Planos de Bacia Hidrográfica (PBH).

Oliveira (2004), baseando-se em autores como Wood (1995) e Fisher (2002, 2003), define “*plano*” como um processo decisório de implementação institucional derivado de uma “*política*”, cujos objetivos podem estabelecer regras gerais que são escalonadas no tempo de modo prévio. A autora ainda explana sobre a hierarquia entre *política*, *plano*, *programa* e *projeto* (Figura 4.2). A política, através de seus princípios e diretrizes, estabelece um universo para a criação de *planos*. Estes *planos* subsidiam *programas*, que consistem num processo decisório racional, baseando-se em critérios técnicos que serão incorporados e operacionalizados nos *projetos* (OLIVEIRA, 2004). Cabe ressaltar que os referidos planos e programas, apesar de terem sido considerados embasados em critérios técnicos e racionais pela autora supracitada, podem ser influenciados por interesses políticos que divergem dos interesses coletivos de caráter socioambiental.

É neste contexto que esta seção visa contextualizar o universo no qual emergiram os Planos Diretores, os Planos de Manejo, os Zoneamentos Ecológicos Econômicos e os Planos de Bacia Hidrográfica, na legislação federal. Tudo isso para que, no próximo capítulo, possa se estabelecer paralelos entre o contexto de emergência destes planos e os planos que implicam o ordenamento territorial da região do carste de Lagoa Santa. Além disso, busca-se compreender em que medida os referidos planos abarcam aspectos que convergem para o manejo em áreas cársticas.



**Figura 4.2:** Hierarquia entre políticas, planos, programas e projetos.  
**Fonte:** OLIVEIRA (2004)

#### 4.1.1) A Política Urbana e os planos diretores

O plano diretor (PD) municipal é hoje considerado o instrumento central da Política Urbana Nacional. Entretanto, historicamente, este instrumento tem sido criticado por arquitetos, urbanistas, geógrafos e cientistas sociais, tendo em vista seu caráter antidemocrático, tecnocrata, desenvolvimentista e excludente (BRAGA, 1995). Peres (2012) tece a trajetória do planejamento urbano no Brasil, bem como seus instrumentos de planejamento ao longo do século XX até os dias atuais. A autora expõe que os Planos Urbanos (Planos de Desenvolvimento Integrado, Planos Diretores, Planos de Ação) tiveram uma função urbanística de acordo com a ideologia vigente. No início do século XX, por exemplo, a prioridade era o embelezamento e a higienização das cidades através da criação de jardins, alargamento de vias, implementação de infraestrutura de saneamento e expulsão das famílias de baixa renda das áreas centrais. Já durante a ditadura militar os Planos Urbanos tiveram um caráter progressista, com ênfase na implantação de rodovias, canalização de córregos, impermeabilização de vias e ocupação de áreas periféricas (VILLAÇA, 1999 *apud* PERES, 2012).

A partir da década de 1960, intensificam-se os processos de transição demográfica com o crescente aumento da população urbana, devido ao êxodo rural. Peres (2012) esclarece que, em 1980, a urbanização no Brasil passou de um terço de população urbana para dois terços, intensificando a desigualdade social, bem como as ocupações irregulares em áreas de risco (vertentes abruptas, planícies de inundação, dentre outros) e a degradação ambiental (a falta de implementação de políticas de saneamento básico, que acarreta em problemas como contaminação de águas superficiais e subterrâneas e proliferação de doenças como cólera, esquistossomose e febre tifoide).

Em 1988, através do artigo 182 da Constituição Federal, os Planos Diretores passam a ser obrigatórios para todos os municípios que possuem mais de 20.000 habitantes e é regulamentado como instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana (BRASIL, 1988). Braga (1995) tece críticas à obrigatoriedade da formulação dos planos diretores, citando exemplos de planos já realizados nos municípios de São Paulo. Dentre estas críticas, destaca-se o caráter tecnocrata e pouco participativo dos PDs, os quais muitas vezes são elaborados por consultorias alheias aos conflitos presentes no município. Desse modo, os referidos PDs se tornam um entrave à gestão municipal, já que são impraticáveis diante da realidade. Observa-se que além do caráter pouco democrático na elaboração destes planos, a questão ambiental, mesmo diante do crescimento exacerbado das cidades e do agravamento da degradação ambiental, ainda não é incorporada no artigo 182 da Constituição Federal.

No início do século XXI, mediante aprovação do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), a Política Urbana passa a ter maior consistência em razão da criação de regulamentação melhor fundamentada do ponto de vista jurídico. Além disso, o Estatuto da Cidade passa a incorporar instrumentos que garantem maior participação social e, pela primeira vez<sup>57</sup>, incorpora a questão ambiental como aspecto importante para o bem-estar da população e planejamento de cidades mais sustentáveis. A natureza, que até o final do século XX era vista como algo a ser dominado com vistas à obtenção de recursos naturais para os meios de produção, agora é considerada importante aspecto a ser manejado de forma adequada para que haja equilíbrio ambiental que garanta o bem-estar das presentes e futuras gerações. Neste contexto, destacam-se nove dentre as dezoito diretrizes enumeradas pelo Artigo 2º do Estatuto da Cidade:

---

<sup>57</sup> No âmbito do aparato legal nacional que trata da Política Urbana.

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

(...)

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

(...)

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

g) a poluição e a degradação ambiental;

h) a exposição da população a riscos de desastres. (Incluído, dada pela Lei nº 12.608, de 2012)

(...)

VIII – adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência;

(...)

XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico;

(...)

XIII – audiência do Poder Público municipal e da população interessada nos processos de implantação de empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos sobre o meio ambiente natural ou construído, o conforto ou a segurança da população;

(...)

XIV – regularização fundiária e urbanização de áreas ocupadas por população de baixa renda mediante o estabelecimento de normas especiais de urbanização, uso e ocupação do solo e edificação, consideradas a situação socioeconômica da população e as normas ambientais;

(...)

XVII – estímulo à utilização, nos parcelamentos do solo e nas edificações urbanas, de sistemas operacionais, padrões construtivos e aportes tecnológicos que objetivem a redução de impactos ambientais e a economia de recursos naturais. (Incluído pela Lei nº 12.836, de 2013)

XVIII – tratamento prioritário às obras e edificações de infraestrutura de energia, telecomunicações, abastecimento de água e saneamento. (Incluído pela Lei nº 13.116, de 2015)” (Brasil, 2001)

Observa-se que das dezoito diretrizes gerais estabelecidas pelo artigo supracitado, nove (incisos I, IV, VI, VIII, XII, XIII, XIV, XII e XVIII), de algum modo, tratam a natureza como aspecto a ser manejado de modo adequado. Além disso, dentre as nove diretrizes supracitadas, quatro (incisos I, VI (h), XIII e XVIII) associam de forma direta ou indireta a necessidade de conservação da referida natureza para a manutenção e o bem-estar da população dos municípios, ou seja, homem e natureza são abordados de modo integrado. Vale ressaltar que o saneamento destacado nos

incisos I e XVIII consiste numa forma de proteção indireta da natureza, à medida que o tratamento adequado de efluentes e resíduos sólidos domésticos minimiza os impactos negativos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, bem como garante o abastecimento de água do município.

Quanto aos instrumentos discriminados no Artigo 4º do Estatuto da Cidade, destacam-se aqueles inerentes ao planejamento municipal (inciso I): a) plano diretor, b) disciplina do parcelamento, uso e ocupação do solo e c) zoneamento ambiental. Conforme o Artigo 40º, o Plano Diretor é “o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” e passa a ser obrigatório não somente para municípios que possuem mais de 20.000 habitantes, mas também para os municípios: integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; integrantes de áreas de especial interesse turístico; inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividade com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional e; incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas, ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (BRASIL, 2001). Nota-se que a obrigatoriedade dos PDs também passa a abarcar municípios vulneráveis a significativos impactos ambientais, logo, espera-se que os referidos planos contemplem zonas que delimitem áreas susceptíveis à tais impactos.

O Artigo nº 42A, ao tratar dos municípios com áreas susceptíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, discrimina medidas que deverão ser adotadas pelos municípios vulneráveis a tais impactos. Dentre os incisos presentes no Artigo supracitado, destacam-se os que tratam do ordenamento territorial em função de usos antrópicos, os quais podem acarretar desastres naturais ou em função de populações localizadas em áreas de risco:

*Art. 42A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter: (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)*

*(...)*

*II – mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)*

*III – planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre; (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)*

*IV – medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres; e (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)*

(...)

*VI – identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades. (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014)*

*§ 1o A identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas. (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)*

*§ 2o O conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições insertas nos planos de recursos hídricos, formulados consoante a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012)”; (BRASIL, 2001)*

Dentre os aspectos previstos no Artigo 2º, que trata das diretrizes gerais da Política Urbana, e no artigo 42A do Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001) destacam-se os que convergem para a proteção de áreas cársticas no âmbito da gestão territorial: (i) saneamento ambiental; (ii) ordenação do uso do solo com o intuito de evitar a poluição e degradação ambiental e exposição da população a riscos e desastres; (iii) mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos; e (iv) identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades.

O “*saneamento ambiental*” é uma medida protetiva prevista nas diretrizes gerais do Estatuto da Cidade (Inciso I do Artigo 2º da Lei nº 10.257/2001). Embora o saneamento possa ser interpretado como aspecto inerente à gestão ambiental (escala local), ele possui aspectos territoriais à medida que as áreas municipais escolhidas para a destinação de resíduos sólidos, estação de tratamento de esgoto e estação de tratamento de água estão atreladas a uma série de fatores espaciais<sup>58</sup>. Dentre esses fatores se destacam, por exemplo, as cotas altimétricas, a distância dos cursos d’água superficiais e subterrâneos e a distância das áreas urbanas. Além disso, como abordado no capítulo anterior, a disposição inadequada de resíduos sólidos e o deficiente tratamento dos efluentes domésticos podem contribuir para a deterioração das águas subterrâneas em áreas cársticas, bem como para o comprometimento de abastecimento de água dos municípios em questão.

Quanto ao aspecto que se refere à “*ordenação do uso do solo com o intuito de evitar a poluição e degradação ambiental e exposição da população a riscos e desastres*”, é ele convergente com o manejo em paisagens cársticas à medida que a ordenação do uso do solo passa a considerar as áreas mais sensíveis à poluição e

---

<sup>58</sup> Aspectos como destino dos resíduos sólidos, tratamento de esgoto e água são inerentes ao saneamento básico. Esta tipologia de saneamento está contida no “saneamento ambiental”, que além dos aspectos relativos ao saneamento básico também contempla questões ambientais e de preservação ambiental, tais como: qualidade do ar, qualidade do solo, impactos ambientais e educação ambiental com o objetivo de alcançar a salubridade ambiental.

degradação ambiental, tais como dolinas e áreas de influência de sumidouros e cavernas cársticas. Além disso, o adensamento de edificações em áreas de instabilidade geotécnica pode implicar processos de abatimentos potencialmente causadores de danos humanos e materiais. Para tanto, é essencial que PDs de municípios localizados em paisagens cársticas contemplem, no seu zoneamento, indicação clara e o mapeamento de áreas de instabilidade geotécnica e de vulnerabilidade dos aquíferos cársticos, notadamente em consonância com os aspectos que integram o item (iii) já explicitado.

Por fim, quanto ao aspecto (iv), que trata do manejo adequado de áreas verdes municipais com o intuito de reduzir a impermeabilização das cidades, contempla ele medidas de significativa relevância para aquelas paisagens cársticas. Isso porque a impermeabilização do solo implica em aumento considerável do escoamento superficial que, após ter a qualidade das águas de superfície comprometida pelo antropismo, pode transferir para o sistema hídrico subterrâneo grande volume de água deteriorada, contaminando a qualidade dos aquíferos. A deterioração dessas águas pode ser minimizada através da criação de áreas verdes, que permitem que parte dos contaminantes presentes na água infiltrada seja barrada pelo solo que sustenta essas áreas. Há casos em que, além dessa deterioração, verifica-se a redução drástica do volume de água subterrânea disponível às atividades humanas, uma vez que são reduzidas as taxas de infiltração e percolação da água paulatinamente à impermeabilização do solo. Nesse contexto, a conservação de áreas verdes constitui fator preponderante, uma vez que ela favorece a infiltração da água no solo.

O “saneamento ambiental”, sobretudo o saneamento básico também é um tema abordado de modo mais intenso pela Política Federal de Saneamento Básico. Britto (2011) salienta a importância de planos diretores apontarem diretrizes, instrumentos e programas que objetivem a ampliação do acesso da população aos serviços de saneamento, reconhecendo a Política Municipal de Saneamento como um dos componentes da política local de desenvolvimento urbano. Além disso, essa autora reconhece que é na esfera dos Planos Diretores Municipais que se estabelecem instrumentos para a interação entre o planejamento urbano e as ações de saneamento. Desse modo, espera-se que os PDs estabeleçam orientações para nortear os Planos Municipais de Saneamento. Este último instrumento provém da Lei nº 11.445/2007-a da Política Nacional de Saneamento Básico, a qual torna obrigatória a existência do Plano de Saneamento Básico abarcando serviços inerentes ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo das águas pluviais urbanas e manejo de resíduos sólidos.

Apesar do Estatuto da Cidade não realizar nenhuma alusão ao manejo dos resíduos sólidos, a sua disposição adequada também é primordial para a conservação ambiental frente aos diversos tipos de contaminação. No início desta década, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, a qual possui como um de seus instrumentos o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. O referido plano pode estar inserido no Plano de Saneamento e deve considerar as áreas ambientalmente favoráveis para a disposição final dos rejeitos, conforme indicado pelo plano diretor do município (Incisos II e XIX do Artigo 19 - Lei nº 12.305/2010). Ademais, a referida lei não realiza nenhuma outra alusão da integração dos Planos Municipais de Resíduos Sólidos aos PDs. Logo, pode-se inferir que, apesar da necessidade de uma gestão municipal integrada, as duas leis referentes aos Planos Municipais de Saneamento e de Resíduos Sólidos não implicam numa obrigatoriedade de integração dos referido planos aos PDs municipais.

Nesta seção buscou-se discorrer sobre os aspectos da Política Urbana e, especificamente, dos planos diretores, que abarquem questões inerentes à gestão territorial em função das fragilidades ambientais. À medida que estes aspectos foram levantados pode-se associá-los ao manejo em áreas cársticas. De modo sintético, destacam-se os aspectos levantados pelos artigos 2º e 42ºA que tratam do *saneamento ambiental, ordenação do uso com o intuito de evitar poluição e degradação ambiental, mapeamento de áreas de instabilidades de caráter físico e incentivo de criação e manutenção de áreas verdes com o intuito de reduzir as áreas impermeáveis das cidades.*

Apesar da evolução da Política Urbana em incorporar diversos aspectos ambientais ao Estatuto da Cidade, alguns autores criticam o modo incipiente no qual os referidos aspectos têm sido tratados ao longo dos PDs. Tal constatação é realizada na obra de Santos Junior e Montandon (2011), composta por capítulos que realizam um balanço crítico sobre cada temática inerente aos planos diretores (PDs) elaborados após instituído o Estatuto da Cidade. Do ponto de vista ambiental contido nos PDs, destaca-se a análise realizada por Costa et al. (2011), a qual constata que: poucos municípios incorporam instrumentos capazes de dar efetividade à política ambiental; o EIV (Estudo de Impacto de Vizinhança), apesar de aparecer nos PDs analisados é apenas citado sem nenhuma vinculação com a política de meio ambiente; os PDs ainda incorporam o antagonismo cidade X natureza; muitas vezes a questão ambiental dos PDs se limita à agenda verde (arborização e criação de parques). No que tange ao aspecto saneamento municipal, Britto (2011) também constatou através da análise de diversos PDs uma renúncia dos municípios às suas responsabilidades na gestão dos serviços concedidos a empresas estaduais, além da fragilidade dos PDs em

construir diretrizes, instrumentos e programas visando a ampliação do acesso da população aos serviços de saneamento. Portanto, apesar da incorporação de importantes aspectos ambientais, os PDs pós Estatuto da Cidade devem ser analisados de modo crítico.

#### **4.1.2) A Política Nacional de Meio Ambiente, os Planos de Manejo de Áreas de Proteção Ambiental e o Zoneamento Ecológico Econômico**

A política ambiental brasileira começa a se fortalecer a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – Estocolmo – 72. Segundo Pagnoccheschi e Bernardo (2006), esta conferência foi o contexto inaugural da política ambiental brasileira, tendo em vista que até então esta era reduzida a preceitos legais dispersos sobre fauna, flora e recursos hídricos. A partir de pressões advindas do setor acadêmico e de ONGs preservacionistas foi criado, em 1973, a Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema) vinculada ao Ministério do Interior. Dentre os esforços e êxitos desta secretaria destaca-se a criação de áreas protegidas (PAGNOCCHESCHI e BERNARDO, 2006).

O Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal<sup>59</sup>, criado pelo Decreto-Lei nº 289/1967, também foi responsável pela criação, instalação e manutenção de áreas protegidas, como os parques nacionais. Dentre as atribuições deste instituto, destacam-se aquelas estabelecidas pelo Decreto nº 84.017/1979-b que tratam do plano de manejo e do zoneamento ambiental de parques nacionais. O Artigo 6º do referido Decreto define Plano de Manejo como “...projeto dinâmico que, utilizando técnicas de planejamento ecológico, determine o zoneamento de um Parque Nacional, caracterizando cada uma das suas zonas e propondo seu desenvolvimento físico, de acordo com suas finalidades.” Assim como os planos diretores, os planos de manejo (PMs) de áreas protegidas consistem num estudo técnico no qual fundamenta-se o zoneamento, este último norteador da gestão destas áreas. Os primeiros PMs foram concebidos nos Estados Unidos, país pioneiro na criação de áreas protegidas. No Brasil, segundo Dourojeanni (2003), o primeiro PM foi elaborado em 1976 pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal para o Parque Nacional de Brasília. Entretanto, somente em 1979, os PMs ganharam caráter legal, através do Decreto supracitado.

A partir da década de 1990 foram criados “roteiros metodológicos” pelo IBAMA para orientar a elaboração de PMs. Observa-se que tanto o Decreto de 1979b, como

---

<sup>59</sup>Este instituto foi extinto em 1989 pela Lei nº 7.732/1989 e transferido para Secretaria Especial de Meio Ambiente - Sema. Neste mesmo ano, a Sema foi extinta e criou-se o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) através da Lei nº 7.735/1989.

os roteiros metodológicos da década de 1990, foram destinados a unidades de conservação de proteção integral (Parques, Monumentos, Florestas Nacionais, Refúgio da Vida Silvestre, dentre outros). No entanto, áreas protegidas de uso direto, como as APAs, foram concebidas com o intuito de compatibilizar o uso humano com a conservação da natureza. Portanto a gestão territorial, que envolve usos humanos e aspectos naturais, é mais complexa e conflituosa quando comparada à gestão de áreas de proteção integral, na qual, salvo algumas exceções, o uso humano é restrito. Desse modo, os PMs de APAs se diferenciam dos PMs das áreas de proteção integral diante da divergência de seus objetivos.

As APAs foram referenciadas na legislação brasileira através da Lei nº 6.902/1981a. No Artigo 9º da referida Lei, destaca-se que esta tipologia de área protegida contempla o direito à propriedade, ou seja, é uma área que abarca terras privadas e públicas. Entretanto, neste mesmo artigo são explicitadas as **limitações e proibições** deste território, dentre eles, destacam-se: *“a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de água”* e *“o exercício de atividades capazes de provocar uma acelerada erosão das terras e/ou um acentuado assoreamento das coleções hídricas”* (BRASIL, 1981-a). Desse modo, as atividades antrópicas presentes no interior das APAs não podem ser catalizadoras da poluição hídrica, tampouco de processos erosivos que acarretem o assoreamento de corpos hídricos.

Após a Lei 6.902/81-a, surge a Resolução CONAMA nº10/1988 que dispõe sobre a regulamentação de APAs. Segundo Alt (2008), tal resolução foi a mais significativa ao tratar de forma mais ampla e profunda as diretrizes que fundamentam a gestão de APAs. Dentre estas diretrizes, destacam-se: (i) a obrigatoriedade do zoneamento ecológico econômico que estabelece normas do uso do solo e dos recursos naturais da APA; (ii) a maior exigência de estudos de impacto ambiental e licenciamento especial para realização de atividades antrópicas como agricultura, pecuária e mineração num raio mínimo de 1.000 metros no entorno de feições como cavernas e monumentos naturais (ALT, 2008, p.28). No entanto, Souza (2014) baseando-se em UNESCO (2003), argumenta que a referida resolução é ampla e difusa no que tange aos objetivos da Zona de Preservação da Vida Silvestre<sup>60</sup>. Acredita-se que as diretrizes inerentes à instituição da Zona de Preservação da Vida Silvestre motivaram a revogação da referida resolução, através da Resolução CONAMA nº 428 de 2010, com isso a regulamentação de APAs passou a ser incipiente, baseando-se, essencialmente, nas Leis 6.902/81-a e 9.985/2000-a. Apesar

---

<sup>60</sup> Consiste numa zona, na qual será proibido ou regulado o uso dos sistemas naturais.

da constante emergência de instrumentos normativos inerentes ao patrimônio espeleológico, a revogação da referida Resolução aumentou a permissividade de usos em cavidades localizadas no interior das APAs.

Atualmente, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000-a<sup>61</sup>, é o principal instrumento normativo que estabelece critérios para a criação, implantação e gestão de UCs<sup>62</sup>. Apesar dos objetivos e das diretrizes do SNUC visarem sobretudo a proteção e a conservação da biodiversidade, quatro das treze diretrizes estabelecidas pelo Artigo 5º da Lei supracitada tratam da compatibilização das atividades antrópicas com a proteção da natureza, bem como de uma gestão mais integrada:

*Art. 5º O SNUC será regido por diretrizes que:*

*I - assegurem que no conjunto das unidades de conservação estejam representadas amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, salvaguardando o patrimônio biológico existente;*

*(...)*

*VIII- assegurem que o processo de criação e a gestão das unidades de conservação sejam feitos de forma integrada com as políticas de administração das terras e águas circundantes, considerando as condições e necessidades sociais e econômicas locais;*

*(...)*

*IX- considerem as condições e necessidades das populações locais no desenvolvimento e adaptação de métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais;*

*(...)*

*XIII- busquem proteger grandes áreas por meio de um conjunto integrado de unidades de conservação de diferentes categorias, próximas ou contíguas, e suas respectivas zonas de amortecimento e corredores ecológicos, integrando as diferentes atividades de preservação da natureza, uso sustentável dos recursos naturais e restauração e recuperação dos ecossistemas (BRASIL, 2000)*

A primeira diretriz, embora tenha viés bastante biótico (como as demais diretrizes que não foram destacadas nesta seção), trata da necessidade de assegurar amostras significativas das águas jurisdicionais em função do patrimônio biológico existente. Tal diretriz não implica um direcionamento da gestão territorial em função das atividades antrópicas como as diretrizes dos incisos VIII e XIII, entretanto, cita as águas jurisdicionais como aspecto a ser conservado. O inciso VIII trata da necessidade de uma gestão integrada sobre o ponto de vista territorial que abarque as necessidades sociais e econômicas locais. Já o XIII, também de caráter territorial, trata

---

<sup>61</sup> Esta lei estabelece as categorias de unidades de conservação e suas respectivas vocações.

<sup>62</sup> A partir de 2007, através da Lei nº 11.516 de 2007-b, cria-se o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), autarquia em regime especial vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. Desse modo, ações inerentes à Política Nacional de Unidades de Conservação deixam de ser de competência do IBAMA e passam a ser de responsabilidade do ICMBIO.

da gestão integrada das diversas tipologias de áreas protegidas. Por fim a diretriz IX, embora não tenha caráter territorial, menciona a necessidade das populações locais se adaptarem a métodos e técnicas de uso sustentável dos recursos naturais, ou seja, é uma diretriz que implica restrições às atividades antrópicas localizadas no interior de UCs.

Observa-se que as diretrizes são destinadas às diversas tipologias de UCs instituídas pelo SNUC, entretanto, como ressaltado anteriormente, o nosso olhar é direcionado às APAs, tendo em vista que elas abrangem uma porção territorial significativa, bem como lida com o conflito de gerenciamento de atividades antrópicas e proteção dos recursos naturais. A definição de APA contida no Artigo nº 15º da Lei do SNUC ilustra bem o propósito desta UC:

*A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (BRASIL, 2000-a)*

Embora a definição de APA estabeleça os objetivos de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, o SNUC não especifica quais aspectos da diversidade biológica devem ser protegidos, tampouco quais tipologias de ocupação devem ser disciplinadas para assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Esperava-se que tais diretrizes fossem estabelecidas pelo Artigo 27º do SNUC, que torna obrigatória a elaboração do plano de manejo até cinco anos após a criação da UC em questão. Entretanto, não há nenhum tipo de regulamentação para a elaboração destes planos, sobretudo em APAs. Portanto, após a revogação da Resolução CONAMA nº 10 de 1988, a elaboração de zoneamentos ambientais de APAs, fundamentados por estudos técnicos como PMs, não possui nenhuma regulamentação legal. Apesar de existirem roteiros metodológicos elaborados por órgãos ambientais nos âmbitos estadual e federal<sup>63</sup>, a inexistência de diretrizes legais pode causar prejuízos ao zoneamento de APAs. Se por um lado a falta desta regulamentação concede maior liberdade para a elaboração destes planos e do zoneamento, por outro lado pode acarretar a elaboração de zoneamentos que cedem

---

<sup>63</sup> Apesar de possuir um Roteiro Metodológico específico para a elaboração de PMs de APA, por telefone, um servidor do ICMBIO nos informou que o roteiro referente a Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica é utilizado para as APAs. Portanto não existe um padrão tanto para os PMs de APAs federais como para os PMs de APAs estaduais e municipais.

às pressões de ordem política e/ou econômica, desvirtuando o ideal de conservação inerente às APAs.

Além do zoneamento ambiental de APAs, que é delimitado fundamentando-se nas informações técnicas do PM, a Política Nacional de Meio Ambiente prevê outro instrumento que implica um zoneamento territorial em função das questões ambientais: o Zoneamento Ecológico Econômico. Este instrumento está previsto no Inciso II do Artigo 9º da Lei nº 6.938/1981-b como “zoneamento ambiental”. Entretanto, o Decreto nº 4.297/2002 intitula este zoneamento ambiental como “Zoneamento Ecológico Econômico” (ZEE) e estipula critérios para sua elaboração.

Conforme o Artigo 3º do decreto supracitado, o ZEE tem como principal objetivo *“organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas”*. Diferente das APAs, os ZEEs não buscam zonedar uma porção do território que possui aspectos ambientais especiais, mas todo o território com o intuito de subsidiar as decisões de atores públicos e privados quanto às possibilidades e restrições ecológicas e socioeconômicas daquele ambiente. No Artigo 6º-A, são destacadas as escalas de abrangência do ZEE: nacionais, macrorregionais, estaduais/regionais e locais. A escala local (1:100.000 ou maiores) é a mais adequada para indicativos operacionais de gestão e ordenamento territorial, tais como planos diretores municipais, planos de gestão ambiental e territorial locais, usos de Áreas de Preservação Permanente, dentre outros (BRASIL, 2002).

Dentre os conteúdos previstos no Artigo 12º do Decreto nº 4.297/2002 para a elaboração do ZEE, destaca-se o “diagnóstico dos recursos naturais, da socioeconomia e do marco jurídico institucional”. Este diagnóstico deverá prever no território em questão a Fragilidade Natural Potencial, baseando-se em indicadores de perda da biodiversidade, vulnerabilidade natural a perda do solo, quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (BRASIL, 2002).

Por fim, o Artigo 14º estabelece as diretrizes gerais e específicas do ZEE:

- I- atividades adequadas a cada zona, de acordo com sua fragilidade ecológica, capacidade de suporte ambiental e potencialidades;*
- II- necessidades de proteção ambiental e conservação das águas, do solo, do subsolo, da fauna e flora e demais recursos naturais renováveis e não renováveis;*
- III- definição de áreas para unidades de conservação, de proteção integral e de uso sustentável;*
- IV- critérios para orientar as atividades madeireira e não madeireira, agrícola, pecuária, pesqueira e de piscicultura, de urbanização, de industrialização, de mineração e de outras opções de uso dos recursos ambientais;*

*V- medidas destinadas a promover, de forma ordenada e integrada, o desenvolvimento ecológico e economicamente sustentável do setor rural, com o objetivo de melhorar a convivência entre a população e os recursos ambientais, inclusive com a previsão de diretrizes para implantação de infraestrutura de fomento às atividades econômicas;*  
*VI- medidas de controle e de ajustamento de planos de zoneamento de atividades econômicas e sociais resultantes da iniciativa dos municípios, visando a compatibilizar, no interesse da proteção ambiental, usos conflitantes em espaços municipais contíguos e a integrar iniciativas regionais amplas e não restritas às cidades; e*  
*VII- planos, programas e projetos dos governos federal, estadual e municipal, bem como suas respectivas fontes de recursos com vistas a viabilizar as atividades apontadas como adequadas a cada zona.*  
*(BRASIL, 2002)*

Ao analisar as diretrizes supracitadas, nota-se que o ZEE objetiva estabelecer zoneamentos baseando-se numa série de aspectos da natureza e das atividades econômicas, atendo-se aos demais planos, programas e projetos presentes no território em questão. Apesar disso, tal instrumento possui apenas caráter orientador das decisões dos gestores e empreendedores nos âmbitos nacional, estadual, regional e municipal. Logo, o zoneamento realizado por este instrumento não possui caráter obrigatório. Portanto, o zoneamento estabelecido pelo ZEE está subordinado ao zoneamento estabelecido pelas APAs, tendo em vista que as atividades antrópicas devem, obrigatoriamente, se ater às zonas determinadas por este último instrumento. Além disso, os estudos e a escala de detalhamento das APAs são mais apurados do que os do ZEE. De qualquer modo, o ZEE pode se configurar um instrumento orientador de decisões em áreas que não possuem UCs.

Do ponto de vista dos instrumentos normativos analisados nesta sessão, pode-se concluir que as APAs e os ZEEs contribuem para o manejo em áreas cársticas à medida que apontam as fragilidades desta paisagem. Quanto às APAs, o Artigo 9º da Lei nº 6.902/1981-a é o que mais se aproxima às peculiaridades do manejo em áreas cársticas, tendo em vista que limita ou proíbe no interior destas UCs a implantação de indústrias poluidoras capazes de comprometer os mananciais de água, bem como atividades capazes de provocar a acelerada erosão das terras e/ou o acentuado assoreamento das coleções hídricas. Entretanto, no que tange às regulamentações inerentes aos PMs de APAs, não foi possível estabelecer associações entre este instrumento e o manejo em áreas cársticas. Como abordado anteriormente, não foi encontrada no SNUC, bem como em nenhum outro instrumento normativo, a regulamentação de PMs de APAs no âmbito nacional, além da Resolução CONAMA nº 10/1988, mais tarde revogada pela Resolução nº 428/2010. Quanto ao ZEE, este contempla em seu diagnóstico a área de Fragilidade Natural Potencial que pode ser associada às peculiaridades do carste. Entretanto, este instrumento possui caráter

orientador e não implica um ordenamento obrigatório das atividades antrópicas em função do seu zoneamento.

#### **4.1.3) Política Nacional de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica**

Assim como os planos diretores e os planos de manejo consistem em instrumentos fundamentais para o zoneamento territorial dos municípios e das APAs, os planos de bacia hidrográfica (PBH) e o enquadramento das águas subterrâneas são fundamentais para nortear, respectivamente, a gestão de bacias hidrográficas e dos aquíferos. Os PBHs são recentes quando comparados aos PDs e aos PMs, porém revelam caráter inovador ao eleger como objeto central os corpos hídricos sob o enfoque da gestão territorial de bacias.

Do ponto de vista histórico, o primeiro instrumento jurídico brasileiro que trata sobre a gestão das águas brasileiras foi o Decreto nº 24.643/1934 referente ao Código das Águas. Um dos objetivos deste Código era o controle federal dos recursos hídricos, sobretudo no que tange à regulamentação do sistema hidrelétrico brasileiro. Além disso, a competência das atribuições inerentes aos recursos hídricos era do Ministério da Agricultura, fortalecendo o argumento de que a gestão das águas nesta época se direcionava às necessidades do setor energético e agrícola (Peres, 2012, p.46).

Peres (2012) argumenta que as ações inerentes ao Código das Águas eram exclusivamente setoriais e por falta de regulamentações e leis complementares, a maior parte das disposições do Código deixou de ser aplicada. Além disso, a autora salienta a dificuldade em se estabelecerem políticas públicas articuladas, tendo em vista que, segundo o Código das Águas, todas as nascentes e águas localizadas em propriedade privada eram consideradas de domínio privado, excetuando-se as águas discriminadas no Artigo 9º do Código das Águas.

A partir da década de 1960 o Brasil vivencia a intensificação do processo de industrialização e, conseqüentemente, o aumento da demanda por energia elétrica. A água passa a ser vista como um recurso vital para o desenvolvimento econômico baseado na industrialização, de tal modo que o Ministério de Minas e Energia passa ser o responsável por legislar as águas brasileiras. Entretanto, com o estabelecimento da Política Nacional de Irrigação (Lei 6.662/1979-a), mais uma vez, a gestão das águas passou a ser da competência do setor de irrigação, que naquele momento se vinculava ao Ministério do Interior, acarretando um conflito entre o setor elétrico e de irrigação (Peres, 2016, p.48).

Somente a partir do final da década de 1970 as primeiras iniciativas para gestão integrada de bacias hidrográficas são criadas. Segundo Senra (2014), a

Portaria Interministerial nº 90 foi concebida pelo Ministério do Interior com o intuito de criar os Comitês Executivos de Estudos Integrados de caráter consultivo em bacias hidrográficas de domínio da União. A década de 1980 também foi caracterizada por uma maior pressão para uma gestão de recursos hídricos mais democrática e descentralizada. Em 1987, foi elaborada pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) a carta de Salvador, a qual colaborou para que a Constituição Federal de 1988 incorpore-se parte de suas reivindicações.

Dentre as principais mudanças no que tange à gestão das águas provenientes da Constituição Federal (CF) de 1988, destaca-se o caráter público que estas passam a ter, em detrimento do caráter de propriedade privada instituído pela CF de 1934. A gestão das águas também passa a ter caráter mais compartilhado à medida que a competência de legislar passou a ser privativa da União e suplementar aos estados. Além disso, a competência em acompanhar e fiscalizar a exploração dos recursos hídricos passou a ser comum entre a união, os estados, o distrito federal e os municípios. Já o domínio das águas subterrâneas passou a ser dos estados.

Ao longo da década de 1990, a ABRH e a ABAS<sup>64</sup> demandaram, diante de um cenário de constante intensificação das atividades antrópicas, uma gestão de recursos hídricos em consonância com as questões ambientais. Dentro deste contexto, a referidas associações contribuíram para a criação, em 1995, da Secretaria de Recursos Hídricos vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e, em 1997, foi promulgada a Lei Federal 9.433/1997 que trata sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos.

A Lei Federal 9.433/1997 constitui um divisor de águas na Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo em vista que trouxe novos paradigmas, tais como: conceituação da água como bem de domínio público; conceituação da água como recurso natural limitado (dotado de valor econômico); prioridade do uso dos recursos hídricos em situação de escassez para o consumo humano e dessedentação de animais; gestão participativa (poder público, usuários e sociedade), dentre outros (Peres, 2012 p.56). Esta lei direciona a gestão dos recursos hídricos nos âmbitos federal e estadual e no âmbito das próprias bacias hidrográficas. A Política Nacional de Recursos Hídrico e seus respectivos instrumentos estão intrinsecamente associados à gestão em áreas cársticas, uma vez que as águas subterrâneas que circulam pelos aquíferos podem ser classificadas como um recurso hídrico. Portanto, enquanto nos PDs da Política Urbana foram analisados os aspectos da natureza em função do uso do solo dos municípios, e nos PMs e ZEEs da Política Nacional de Meio

---

<sup>64</sup> Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

Ambiente foi analisado o manejo de atividades antrópicas em função da natureza, nos PBHs da Política Nacional de Recursos Hídricos serão analisados o manejo de atividades antrópicas e da natureza em função da água.

No artigo 3º da Lei Federal 9.433/1997 são destacadas as principais diretrizes para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, as quais convergem com a gestão dos aspectos naturais e das atividades antrópicas em função da água:

*Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:*  
*I- a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;*  
*II- a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;*  
*III- a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;*  
*(...)*  
*V- a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;*  
*(...) (Brasil, 1997)*

Observa-se que das seis diretrizes estabelecidas no Artigo 3º da Lei supracitada, quatro abarcam aspectos da natureza e aspectos inerentes às atividades antrópicas. A primeira diretriz ressalta a importância da gestão dos recursos hídricos sem dissociá-la dos aspectos inerentes à quantidade e à qualidade da água, ou seja, a água é entendida como um recurso natural finito e fica implícito que as atividades antrópicas que utilizam deste recurso não devem comprometê-lo em termos de quantidade e qualidade. A segunda diretriz, embora genérica, considera que a gestão de recursos hídricos deve se adequar às diversidades da natureza “física e biótica” e à diversidade inerente ao ser humano “econômica, social, cultural” das diversas regiões do país. A terceira diretriz trata da integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, a exemplo do processo de licenciamento ambiental. Por fim, a quinta diretriz especifica a necessidade de articulação entre a gestão dos recursos hídricos e do uso do solo. Tal articulação pode estar associada à resolução de conflitos que envolvem o uso da água pelas diversas modalidades de atividades antrópicas, bem como à maior integração com instrumentos de planejamento do uso do solo, como os planos diretores municipais.

O Artigo 5º da Lei nº 9.433/1997 trata dos instrumentos inerentes à Política Nacional de Recursos Hídricos. Dentre estes instrumentos destacam-se os Planos de Recursos Hídricos, que segundo os Artigos 6º e 7º consistem em “*planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos*” e “*planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação dos seus*

*programas e projetos*”. O Artigo 8º ainda explicita as escalas de análise dos planos de recursos hídricos, seja por bacia hidrográfica, por estado ou mesmo para o país.

A Resolução CNRH 145/2012, além de salientar que os planos de recursos hídricos e de bacias hidrográficas devem contemplar os recursos hídricos subterrâneos e superficiais, também estabelece diretrizes para o diagnóstico destes planos:

*Art. 11º O Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos deverá incluir, no mínimo, os seguintes aspectos:*

*I – caracterização da bacia hidrográfica considerando aspectos físicos, bióticos, socioeconômicos, políticos e culturais.*

*II – caracterização da infraestrutura hídrica;*

*III – avaliação do saneamento ambiental;*

*IV - avaliação quantitativa e qualitativa das águas superficiais e subterrâneas;*

*V - avaliação do quadro atual dos usos da água e das demandas hídricas associadas;*

*VI – balanço entre as disponibilidades e demandas hídricas avaliadas;*

*VII – caracterização e avaliação da rede de monitoramento quali-quantitativa dos recursos hídricos;*

*VIII - identificação de áreas sujeitas à restrição de uso com vistas a proteção dos recursos hídricos;*

*IX – avaliação do quadro institucional e legal da gestão de recursos hídricos, estágio de implementação da política de recursos hídricos, especialmente dos instrumentos de gestão;*

*X - identificação de políticas, planos, programas e projetos setoriais que interfiram nos recursos hídricos;*

*XI – caracterização de atores relevantes para a gestão dos recursos hídricos e dos conflitos identificados. (CNRH, 2012)*

O diagnóstico consiste numa fase primordial do plano para se compreender a dinâmica entre os aspectos naturais, socioeconômicos, político e culturais. Esta compreensão é essencial na fase do planejamento para que se implante gestão compatível com os conflitos presentes na bacia hidrográfica. Entretanto, como o foco deste trabalho consiste em compreender em que medida estes instrumentos abarcam a conservação de aspectos ambientais que convergem para as peculiaridades de áreas cársticas, cabe destacar os incisos que tratam desta problemática: I, III, IV, V, VI, VII e VIII. Os incisos I (somente os aspectos “físicos” e “bióticos”) e VIII em áreas cársticas abarcarão as peculiaridades naturais destas paisagens. Já os incisos III, IV, V, VI, e VII tratam, de modo geral, da qualidade e quantidade da água frente aos usos presentes na bacia hidrográfica. Em áreas cársticas esta análise se reveste de maior complexidade devido as particularidades inerentes ao sistema de circulação das águas subterrâneas, o qual não coincide com os limites de uma bacia hidrográfica em superfície. Neste caso, a delimitação de bacias hidrogeológicas demanda análise mais complexa quando comparada à delimitação de bacias superficiais.

Como abordado anteriormente, os Planos de Recursos Hídricos apresentam três escalas espaciais de abordagem: Planos Nacionais, Planos Estaduais e Planos de Bacia Hidrográfica. O Plano Nacional de Recursos Hídricos foi aprovado em 2006 pelo CNRH com o objetivo de implementar a Política Nacional de gerenciamento de recursos hídricos, tendo como horizonte temporal o ano de 2020. A primeira revisão deste plano foi iniciada em 2010 e resultou no documento intitulado “Prioridades 2012-2015”. Este novo documento aprofundou temas associados às mudanças climáticas, ao valor econômico da água, aos ecossistemas aquáticos e à gestão de recursos hídricos urbanos (ANA, 2011 *apud* Peres, 2012). Em 2016, o Plano Nacional passou por uma segunda revisão com o objetivo de se definir as diretrizes e prioridades para o próximo ciclo de implementação (2016-2020)<sup>65</sup>.

Dentre os 13 programas abordados pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) destaca-se o oitavo programa, por tratar notadamente das águas subterrâneas nacionais. Apesar do domínio das águas subterrâneas ser do estado, muitas vezes os aquíferos necessitam de planos e programas de âmbito nacional, já que ultrapassam as fronteiras das bacias hidrográficas, dos estados e até mesmo do país. Portanto, a PNRH subdividiu o “Programa Nacional de Águas Subterrâneas” em três: “Ampliação do Conhecimento Hidrogeológico”, “Desenvolvimento dos Aspectos Institucionais e Legais” e “Capacitação, Comunicação e Mobilização social”. O primeiro subprograma tem como foco os estudos e projetos para aquíferos de abrangência transfronteiriça e interestadual, estudos e projetos em escala local (ex. aquíferos em áreas urbanas) e monitoramento quali-quantitativo das águas subterrâneas. Já o segundo subprojeto tem como foco fortalecer e integrar os aspectos institucionais e legais que tratam sobre as águas subterrâneas. O último subprojeto objetiva a inserção da temática de águas subterrâneas nos espaços de educação ambiental, difusão de informações e mobilização social, e ainda a promoção de capacitação específica no tema (MMA, 2016)<sup>66</sup>.

Além do Programa Nacional de Águas Subterrâneas, a Resolução CONAMA nº 396/2008 também considera a complexidade dos aquíferos ao estabelecer diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição e para o enquadramento das águas subterrâneas. No que tange a prevenção e o controle da poluição destas águas, destacam-se as orientações direcionadas aos órgãos ambientais e aos órgãos gestores de recursos hídricos nos Artigos 20º, 21º e 22º. O Artigo 20º determina que estes órgãos devam implementar Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de

---

<sup>65</sup> Apesar da consulta pública ao Plano ter encerrado em maio de 2016, os resultados deste plano ainda não foram divulgados.

<sup>66</sup> Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/programa-nacional-de-aguas-subterraneas?tmpl=component&print=1>. Acesso em: 15/07/2016.

Poços de Abastecimento, com o intuito de proteger a qualidade das águas. Já o Artigo 21º estabelece que estes órgãos devam promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do uso da água subterrânea em função da qualidade e quantidade da água subterrânea. Por fim, o Artigo 22º salienta que as restrições e exigências das classes de enquadramento das águas subterrâneas devem ser observadas no licenciamento ambiental, no ZEE e nos demais instrumentos para as gestões territorial e ambiental.

Esta Resolução também estabelece os critérios técnicos para as classes de enquadramento das águas subterrâneas (Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3, Classe 4 e Classe 5). Segundo o Artigo 28º, este enquadramento deverá considerar no mínimo:

- I - a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica;*
- II - a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição;*
- III - o cadastramento de poços existentes e em operação;*
- IV - o uso e a ocupação do solo e seu histórico;*
- V - a viabilidade técnica e econômica do enquadramento;*
- VI - a localização das fontes potenciais de poluição; e*
- VII - a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas. (CONAMA, 2008)*

Os critérios supracitados contribuem para maior conhecimento das pressões antrópicas que acarretam um comprometimento da qualidade e da quantidade das águas subterrâneas. Desse modo, o enquadramento destas águas funciona como um instrumento que busca garantir a qualidade e a quantidade de água para o abastecimento dos diversos tipos de uso humano. Por fim, no Artigo 30º é tratada a necessidade de ações de controle ambiental para a adequação da qualidade da água, caso esta qualidade esteja em desacordo com os padrões exigidos pela sua classe de enquadramento.

Apesar da Resolução supracitada não estar inclusa na Lei inerente à Política Nacional de Recursos Hídricos, do ponto de vista do manejo em áreas cársticas esta resolução é importante na medida em que compreende a complexidade destes aquíferos. Além disso, este instrumento lida com questões inerentes às pressões antrópicas no que tange à deterioração da qualidade da água e à demanda de abastecimento de água para a manutenção das atividades econômicas.

Já no âmbito estadual, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos são criados para nortear a gestão dos recursos hídricos dos estados. Já os Planos de Bacia Hidrográfica devem estar alinhados com o Plano Nacional e com o Plano Estadual. Além disso, os planos estaduais suprem, de modo momentâneo, os Planos de Bacia Hidrográfica.

Apesar dos Planos de Bacia Hidrográfica terem sido um marco da gestão em função dos recursos hídricos, tal instrumento ainda é criticado por estar desvinculado dos instrumentos para a gestão territorial, como os Planos Diretores dos municípios. Peres (2012) ressalta que esta é uma lacuna e que é necessário pensar num gerenciamento de bacia hidrográfica como um instrumento orientador das ações do poder público e da sociedade no controle do uso e dos recursos ambientais como um todo (PERES, 2012, p.77). Já do ponto de vista da gestão em áreas cársticas, os planos de bacia abarcam importantes aspectos que se aproximam da necessidade do manejo adequado das peculiaridades destes sistemas, como a garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos. Além disso, do ponto de vista do Plano Nacional de Recursos Hídricos, tal plano apresenta um programa específico sobre águas subterrâneas, o qual objetiva maior conhecimento da dinâmica do aquífero cárstico, aprimoramento dos aspectos institucionais e legais, além de maior divulgação da importância destas áreas. Entretanto, este programa ainda não estabelece diretrizes mais específicas para a gestão dos territórios em função das águas subterrâneas.

Por fim, apesar de não estar inclusa na lei inerente à Política Nacional de Recursos Hídricos, a Resolução CONAMA nº 396/2008 pode ser considerada um importante instrumento de manejo em áreas cársticas, tendo em vista que trata de questões inerentes ao enquadramento e ao controle da poluição das águas subterrâneas. Ainda que não possua um caráter predominantemente territorial, tal instrumento lida com questões inerentes às pressões antrópicas, as quais podem comprometer a qualidade e a quantidade das águas subterrâneas.

#### **4.2) INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL: LICENCIAMENTO AMBIENTAL (EIAS) E LEGISLAÇÃO PERTINENTE ÀS CAVIDADES NATURAIS**

Na seção anterior foram abordados os instrumentos que subsidiam a gestão territorial no âmbito dos municípios, das APAs, dos ZEEs e das bacias hidrográficas. Na presente seção são abordados instrumentos que, embora se restrinjam à gestão de uma escala local/pontual (por exemplo, um empreendimento), são extremamente importantes pelo fato de lidarem com fontes de poluição e ou outros tipos de impactos ambientais potencialmente mais donosos em áreas cársticas. São analisados, portanto, instrumentos inerentes ao licenciamento ambiental que lidam com estudos de impacto ambiental de empreendimentos e a legislação relativa às cavidades naturais. Embora esta última esteja associada aos instrumentos inerentes ao

licenciamento ambiental, optou-se por destacá-lo, visto que, a priori, a proteção do patrimônio espeleológico se aproxima do manejo em áreas cársticas.

#### **4.2.1) O Licenciamento Ambiental e os Estudos de Impacto Ambiental**

O licenciamento ambiental, fruto da Política Nacional de Meio Ambiente, foi instituído pela Lei nº 6.938 de 1981b e consiste num procedimento administrativo que objetiva licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais que sejam potencialmente poluidores ou capazes de causar degradação ambiental (BRASIL, inciso I, Artigo 2º da Lei Complementar 140 de 2011). Os principais instrumentos normativos federais que lidam com o licenciamento ambiental consistem, basicamente, na Lei nº 6.938 de 1981b, na Resolução CONAMA nº 001 de 1986b, na Constituição Federal de 1988 e na Resolução CONAMA nº 237 de 1997.

Dentre os princípios estabelecidos pelo Artigo 2º da Lei nº 6.938 de 1981b, a qual institui a Política Nacional de Meio Ambiente, destacam-se os que tratam do controle e da racionalização de atividades e empreendimentos em função da qualidade ambiental:

*Art 2º A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:*  
(...)  
*II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;*  
*III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;*  
(...)  
*V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;*  
*VI- incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;*  
*VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;(BRASIL, 1981b)*

Os princípios supracitados estão associados ao controle e monitoramento de atividades e empreendimentos que podem acarretar o comprometimento da qualidade ambiental. A Lei nº 6.938 de 1981b também apresenta instrumentos que atendam os seus princípios. Dentre tais instrumentos, destaca-se o inciso IV do Artigo 9º da referida Lei, que cita o licenciamento e a revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras como um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente. Segundo o Artigo 10º da Lei nº 6.938 de 1981-b, as atividades e os empreendimentos com significativo impacto deverão ser submetidos ao processo de licenciamento de competência do IBAMA. Este Instituto, segundo o Artigo 11º, também

deverá propor ao CONAMA<sup>67</sup> normas e padrões para implantação, acompanhamento e fiscalização do licenciamento ambiental.

Os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) correspondem à primeira etapa do licenciamento ambiental, na qual é apresentada pelo empreendedor uma série de estudos detalhados que objetiva realizar: o diagnóstico ambiental da área de influência da atividade em licenciamento, a análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas, e definir as medidas mitigadoras dos impactos negativos (CONAMA, 1986b). O Artigo 5º da Resolução CONAMA nº 001 de 1986b estabelece diretrizes gerais que deverão conter no EIA:

*Art. 5o O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:*

*I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;*

*II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;*

*III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;*

*IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade. (CONAMA, 1986b)*

Diferentemente dos instrumentos para a gestão territorial, o licenciamento ambiental é um instrumento de gestão ambiental que tem como foco possíveis impactos ambientais gerados por uma atividade ou empreendimento. Apesar desta atividade ou empreendimento abranger uma escala espacial pontual ou local, os impactos gerados por tais atividades podem abranger uma escala regional. Vejamos um exemplo, a barragem de Fundão localizada no município de Mariana/MG. Esta barragem é parte integrante de uma atividade minerária cuja abrangência é pontual. Todavia, seu rompimento<sup>68</sup> gerou impactos sócio-ambientais de magnitude regional que alcançaram grande parte da Bacia do Rio Doce, a ponto de comprometerem o abastecimento de água e as atividades econômicas de 36 municípios mineiros e 3 capixabas. As duas primeiras diretrizes supracitadas referentes aos EIAs tratam justamente de realizar estudos que indiquem as melhores alternativas de localização e tecnológicas, como também identificar e avaliar possíveis impactos ambientais com vistas a subsidiar a viabilidade do projeto. Já as duas últimas diretrizes estão voltadas

---

<sup>67</sup> Conselho Nacional de Meio Ambiente

<sup>68</sup> O rompimento da barragem gerou um dos piores desastres ambientais já registrados no Brasil. Entretanto, tal episódio consiste num problema de engenharia de barragens e este tipo de estudo não está previsto nos EIAs. Apesar disso, este exemplo é bastante elucidativo quanto a proporção do impacto ambiental causado por um empreendimento pontual.

para a contextualização do projeto após a definição das áreas direta e indiretamente afetadas por ele, tanto na bacia hidrográfica em que se insere, quanto nos planos e programas governamentais presentes na área de influência do projeto.

O Artigo 6º da Resolução CONAMA nº 001/1986b estabelece as atividades que deverão ser desenvolvidas pelos EIAs: (i) diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; (ii) análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas, (iii) definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos; e (iv) elaboração do programa de monitoramento dos impactos positivos e negativos.

O diagnóstico ambiental deverá contemplar os meios físico e biológico, os ecossistemas naturais e o meio socioeconômico. O meio físico destaca-se pela caracterização de aspectos inerentes ao subsolo, ao clima, às águas, à topografia, aos corpos d'água e ao regime hidrológico. Já o meio biológico se destaca pela caracterização de áreas de preservação permanente. O meio socioeconômico se destaca pela caracterização do uso e ocupação do solo, dos usos da água e da relação de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura dos recursos (CONAMA, 1986b). Os aspectos supracitados foram selecionados do Artigo 6º da Resolução CONAMA 001/1986b, considerando as características das paisagens cársticas. Desse modo, aspectos inerentes ao subsolo, ao relevo, às águas e às áreas de preservação permanente se vinculam à conservação das águas subterrâneas, inclusive em paisagens cársticas. Já os aspectos socioeconômicos caracterizam as pressões humanas no meio ambiente, bem como sua dependência dos recursos naturais, como a água. Mais uma vez estes aspectos se aplicam às paisagens cársticas, visto que a caracterização das pressões e necessidades humanas também pode ser aplicada às águas subterrâneas provenientes de tais paisagens.

Baseando-se no diagnóstico ambiental, os EIAs deverão conter a análise e a avaliação dos impactos ambientais do projeto em questão, discriminando impactos positivos e negativos, diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, seu grau de reversibilidade, distribuição do ônus e benefícios sociais (CONAMA, 1986b). Portanto, após a etapa de diagnóstico ambiental, a avaliação de impacto ambiental indicará possíveis impactos positivos e negativos, bem como a viabilidade do projeto em questão. Caso a implantação e operação da atividade do empreendimento gerem impactos negativos irreversíveis e de grande magnitude, o projeto deverá ser revisado. A avaliação de impactos ambientais em áreas cársticas deverá considerar as peculiaridades naturais deste tipo de paisagem. Como abordado no capítulo anterior, diversas atividades antrópicas situadas na superfície destas paisagens podem gerar impactos irreversíveis, sobretudo no que tange à rapidez de dispersão de

contaminantes pelas águas subterrâneas que circulam em condutos cársticos, bem como aos impactos associados à circulação das águas subterrâneas, tais como inundações, secas e até mesmo colapsos da superfície.

Após a elaboração da avaliação de impacto ambiental, o EIA deverá definir as medidas mitigadoras para os impactos considerados negativos, assim como elaborar programas de acompanhamento e de monitoramento dos impactos positivos e negativos (CONAMA 1986b). As medidas mitigadoras em áreas cársticas são essenciais, na medida em que buscam prevenir ou reduzir os impactos gerados pelo empreendimento ou atividade em questão.

Segundo MMA (2009a), a Constituição Federal de 1988 recepcionou a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938 de 1981-b) e a inovou ao estabelecer competência ambiental administrativa e legislativa aos entes federativos. Além disso, a defesa do meio ambiente se tornou um preceito constitucional, assim como a necessidade de estudo prévio para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente (MMA, 2009a).

Após a CF inúmeras resoluções elaboradas pelo CONAMA tratavam sobre a questão do licenciamento ambiental de maneira específica (de acordo com uma atividade ou empreendimento específico: pesquisa mineral, empreendimentos do setor elétrico, petróleo e gás natural, dentre outros). Entretanto, em 1997, a Resolução CONAMA 237 aborda o licenciamento de modo genérico ao dispor sobre a revisão e a complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Nesta resolução, no inciso III do Artigo 1º, é definido o conceito de estudos ambientais que consistem em:

*(...) todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco. (CONAMA, 1997)*

A definição dos estudos técnicos necessários para obtenção da licença ambiental por parte dos empreendedores fica a cargo do órgão responsável em questão. Entretanto, este órgão deve solicitar os EIAs e RIMAs caso a atividade ou empreendimento tenha potencial degradador e poluidor de magnitude considerável. No âmbito nacional, as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 237 de 1997 estabelecem as atividades e empreendimentos, os quais devem elaborar EIAs e

RIMAs<sup>69</sup>. Já o anexo VIII da Lei nº 6.938 de 1981b, incluído pela Lei nº 1065 de 2000b, estabelece classes (pequeno, médio e alto) baseadas nas descrições de cada categoria de atividades ou empreendimento em função do seu potencial poluidor e de sua utilização dos recursos ambientais. Entretanto alguns conselhos estaduais de meio ambiente, como o COPAM em Minas Gerais, estabelecem outros critérios para a classificação, segundo o porte e o potencial poluidor destas atividades e empreendimentos:

*Art.16 - As normas estabelecidas pelo COPAM referentes à classificação de empreendimentos conforme a Deliberação Normativa n.º 1, de 22 de março de 1990 passam a incidir segundo a seguinte correspondência:*

*I – Pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor: Classe 1;*

*II – Médio porte e pequeno potencial poluidor: Classe 2;*

*III – Pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor: Classe 3;*

*IV – Grande porte e pequeno potencial poluidor: Classe 4;*

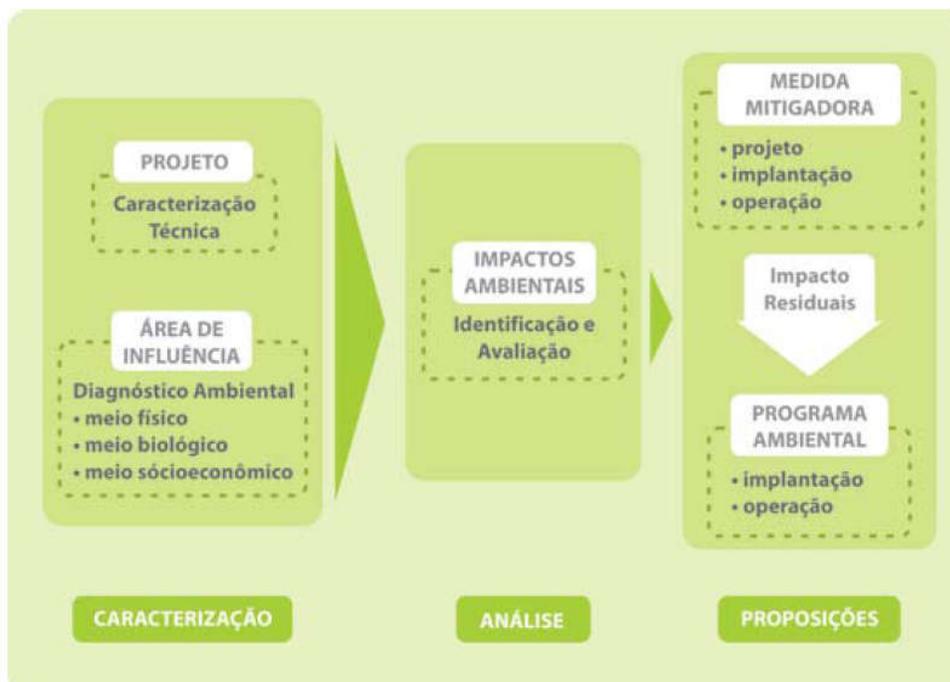
*V – Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor: Classe 5;*

*VI – Grande porte e grande potencial poluidor: Classe 6 (COMPAM, 2004)*

A Resolução CONAMA 237 de 1997 também estabelece as fases do licenciamento, baseando-se na elaboração, implantação e operação de estudos ambientais: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Para obtenção da LP o empreendedor deverá ter realizado as etapas inerentes à caracterização técnica do projeto, ao diagnóstico ambiental da área de influência, à identificação e avaliação dos impactos ambientais e ao projeto de medidas mitigadoras (Figura 4.3). De modo geral, a obtenção da LI e da LO estão condicionadas à implantação e operação das medidas mitigadoras e do programa ambiental (Figura 4.3).

---

<sup>69</sup> Dentre estas atividades e empreendimentos, destacam-se: extração e tratamento de minerais, indústrias de minerais não metálicos, indústria metalúrgica, indústria mecânica, indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações, indústria de material de transporte, indústria de madeira, indústria de papel e celulose, indústria de borracha, indústria de couros e peles, indústria química, indústria de produtos de matéria plástica, indústria têxtil, obras civis.



**Figura 4.3:** Etapas para a elaboração dos estudos ambientais  
**Fonte:** MMA (2009-a)

Além dos estudos ambientais contidos nos EIAs, que são fundamentais para obtenção de licenças ambientais, o órgão ambiental em questão poderá demandar outros tipos de estudos ambientais, a exemplo do Relatório de Controle Ambiental (RCA). Segundo a Resolução CONAMA nº010 de 1990, o RCA é exigido na hipótese de dispensa de EIA RIMA para obtenção de LP de atividades de extração mineral da Classe II. Entretanto, o MMA (2009a) ressalta que este tipo de estudo ambiental também tem sido solicitado para obtenção de licença de outros tipos de empreendimentos ou atividades; consistem num estudo de menor complexidade quando comparado aos EIAs, portanto, é elaborado para atividades e empreendimentos que geram impactos ambientais negativos pouco significativos. Em paisagens cársticas é essencial a elaboração dos EIAs, em oposição à elaboração dos RCAs, visto que se torna necessário compreender as peculiaridades dos sistemas cársticos mediante efetivação de estudos mais detalhados essenciais à avaliação de impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas<sup>70</sup>.

Embora o aparato legal inerente ao licenciamento ambiental seja primordial para a conservação de paisagens cársticas e não cársticas, torna-se essencial compreender que nem sempre este aparato é aplicado com a intensão de obter melhores alternativas em prol da conservação das questões socioambientais. Pode-se

<sup>70</sup> Apesar da necessidade de estudos técnicos detalhados, empreendimentos de grande porte em áreas cársticas da RMBH têm sido licenciados mediante a apresentação do RCA.

afirmar, com base na literatura especializada e na própria experiência da autora desta pesquisa, que o processo de licenciamento ambiental<sup>71</sup> se revela por vezes ineficaz na superação de conflitos socioambientais causados por empreendimentos com potencial poluidor e degradador. Outro aspecto que complexifica a questão se refere ao histórico papel do Estado ao incentivar a instalação de atividades com alto potencial degradador e poluidor, de tal modo que a lógica do licenciamento se confronta com o caráter desenvolvimentista que, na prática, é legitimado pelo Estado em detrimento das questões socioambientais. Como exemplo, destacam-se aqui os esforços de Carneiro (2005) ao descrever os trâmites da tecnoburocracia no COPAM em aprovação de EIAs RIMAs. O referido autor analisa a atuação de ONGs ambientais que optam por terem representantes do capital como clientes a, de fato, defenderem os interesses socioambientais, o que fragiliza e torna tendenciosos os processos de licenciamento.

Além disso, a partir dos anos 2010, observa-se a flexibilização na exigência dos referidos estudos motivada pelo desejo dos empreendedores em viabilizar, de modo célere, a operação das atividades de seus empreendimentos. Entretanto, ressalta-se que a morosidade destas licenças também está atrelada à escassez de analistas e gestores ambientais que compõem o quadro dos órgãos ambientais nos âmbitos federal, estadual e municipal. Diante do exposto, destaca-se a proposta de emenda à Constituição Federal nº 65 de 2012, a qual autoriza, através da apresentação do estudo prévio de impacto ambiental, a execução de obra pública que não poderá ser suspensa ou cancelada a não ser em face de fato superveniente. Desse modo, a simples apresentação do estudo ambiental já autoriza a execução da obra pública e diminui a possibilidade da análise da qualidade e viabilidade destes estudos por parte do corpo técnico dos órgãos ambientais. Caso a referida emenda seja aprovada, impactos irreversíveis em paisagens cársticas e não cársticas poderão ocorrer e estarão, em termos legais, de acordo com o processo de licenciamento ambiental.

#### **4.2.2) Legislação pertinente às cavidades naturais**

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo que visa analisar os impactos ambientais decorrentes da instalação e operação de um empreendimento ou atividade que tenha potencial poluidor e/ou degradador. Já os instrumentos normativos inerentes às cavidades naturais têm como objetivo preservar e/ou conservar o patrimônio espeleológico. Enquanto o primeiro instrumento de gestão

---

<sup>71</sup> Na literatura brasileira destacam-se as investigações de Zhouri (2008) e Camargos (2004).

ambiental lida com os impactos e com possíveis mitigações de fontes de poluição e degradação ambiental, o segundo instrumento lida com a proteção de cavidades naturais frente a tais impactos.

Os instrumentos normativos inerentes às cavidades naturais merecem destaque, tendo em vista que estas feições podem ser pontos de recarga direta do sistema cárstico<sup>72</sup>. Embora o foco destas regulamentações seja a proteção do patrimônio espeleológico<sup>73</sup>, dentre todos os instrumentos para as gestões territorial e ambiental, estas são as que mais se aproximam da conservação de paisagens cársticas. Desse modo, a seguir serão analisadas: a Resolução CONAMA nº 05 de 1987, o Artigo 20º da Constituição Federal de 1988, a Portaria nº 887 de 1990, o Decreto Federal nº 99.556 de 1990b, a Resolução COANAMA nº 347 de 2004, o Decreto Federal 6640 de 2008, a Instrução Normativa MMA<sup>74</sup> 02/2009 e Instrução Normativa MMA 02/2017.

A primeira resolução que faz alusão ao patrimônio espeleológico consiste na Resolução CONAMA nº09 de 1986a que cria uma comissão para tratar de assuntos relativos à preservação deste patrimônio. Em 1987, a Resolução CONAMA nº 05 foi a primeira a estabelecer regulamentações inerentes ao patrimônio espeleológico ao aprovar o Programa de Proteção ao Patrimônio Espeleológico e estabelecer recomendações. Dentre estas recomendações destacam-se: a urgência de criação de critérios e normas de uso para indicar as áreas do patrimônio espeleológico nacional merecedoras de intervenção imediata; a obrigatoriedade da elaboração de EIAs para empreendimentos que lesem o patrimônio espeleológico; e a informação sobre a existência de cavernas por parte dos órgãos encarregados de executar e administrar exportações de recursos naturais e construções civis de grande porte (CONAMA, 1987). Além disso, a referida resolução foi a primeira a estabelecer o conceito de cavidade natural: *“... toda e qualquer cavidade natural subterrânea penetrável pelo homem, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, as comunidades animais e vegetais ali agregadas e o corpo rochoso onde se insere.”* Em 2004, esta resolução foi revogada pela Resolução nº 347, que trata de novas formas de sistematização das informações referentes às cavidades.

Em 1988, a Constituição Federal no inciso X do Artigo 20º declara as cavidades naturais como bens da União. Em seguida, em junho de 1990, foi publicada a Portaria IBAMA nº 887, a qual estabelece medidas mais restritivas ao uso de

---

<sup>72</sup> Embora o presente trabalho tenha foco em aspectos geomorfológicos e hidrogeológicos do patrimônio espeleológico, este patrimônio também abarca aspectos bióticos, arqueológicos, paleontológicos e culturais.

<sup>73</sup> Mais uma vez salienta-se que a proteção do patrimônio espeleológico tem como foco as cavidades naturais, que nem sempre estão conectadas a um sistema cárstico.

<sup>74</sup> Ministério do Meio Ambiente

cavidades naturais, bem como estimula a promoção e construção de estudos e bancos de dados que abarquem informações sobre o patrimônio espeleológico (IBAMA, 1990). Dentre os artigos da referida portaria, destacam-se os 3º, 4º, 5º e 6º que, de modo geral, tratam sobre restrições aos impactos causados nas cavidades naturais e na sua área de influência. O Artigo 3º limita o uso das cavidades a estudos de ordem técnico-científica e a atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. Já o Artigo 4º reforça a obrigatoriedade de elaboração de EIAs para ações ou empreendimentos (direta ou indiretamente lesivos ao patrimônio espeleológico) localizados em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico. Por fim, os artigos 5º e 6º são inovadores ao contemplarem o conceito de área de influência das cavidades naturais subterrâneas. O Artigo 5º proíbe: *desmatamentos, queimadas, uso do solo e subsolo ou ações de quaisquer natureza que coloquem em risco as cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência (...)*. Já o Artigo 6º orienta que a referida área de influência será definida por estudos técnicos específicos. Caso não ocorram estudos específicos, a área de influência será um raio de no mínimo 250 m a partir do desenvolvimento linear da cavidade em questão. O Decreto Federal nº 99.556 de outubro 1990-b reforçou, juridicamente, a Portaria nº 887 ao tratar das mesmas questões deste instrumento normativo.

O estabelecimento da área de influência de cavernas cársticas é um fator positivo para a proteção das águas subterrâneas, tendo em vista que tal área restringirá possíveis atividades antrópicas que podem impactar estas feições e, conseqüentemente, o aquífero ao qual está conectada. Em 1997, através da Portaria IBAMA nº 57, foi criado o CECAV (Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas), um centro especializado e voltado para questões inerentes a cavernas. É interessante destacar que dentre as justificativas de criação do CECAV, destaca-se o primeiro item presente na Portaria supracitada: *“Considerando a dimensão e a importância dos sistemas cársticos no Brasil para a proteção da biodiversidade e dos patrimônios espeleológico, paleontológico, no contexto da conservação nacional e internacional”*. Pela primeira vez, um instrumento jurídico inerente às cavidades naturais considera a importância dos sistemas cársticos. Como abordado no capítulo anterior, as cavernas podem ser feições que fazem parte deste sistema. A referida feição possui condições ambientais (zona afótica, morfologia, temperatura, dentre outras) para abrigar uma biodiversidade distinta (exemplo: troglóbios), bem como os patrimônios espeleológico, paleontológico e até mesmo arqueológico. Portanto, apesar das cavidades naturais serem protagonistas destes instrumentos normativos, o

sistema cárstico deveria ser considerado contexto importante para a proteção dos patrimônios inerentes às cavidades naturais subterrâneas.

A Resolução CONAMA nº 347/2004 buscou revisar a Resolução CONAMA nº5/1987, trazendo novas orientações para a proteção do patrimônio espeleológico. Dentre elas destacam-se os Artigos 5º e 6º que tratam da avaliação de impactos e manejo do patrimônio espeleológico. O Artigo 5º trata da análise do grau de impacto ao patrimônio espeleológico causado por atividades ou empreendimentos, considerando a possibilidade de impactos negativos às cavidades. Embora os aspectos enumerados pelo referido artigo sejam genéricos, eles são pioneiros ao delinear os futuros critérios de relevância das cavidades naturais subterrâneas e que permitirão impactos negativos:

*Art. 5o Na análise do grau de impacto, o órgão licenciador considerará, entre outros aspectos, a intensidade, a temporalidade, a reversibilidade e a sinergia dos referidos impactos.*

*Parágrafo único. Na avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, o órgão licenciador deverá considerar, entre outros aspectos:*

*I - suas dimensões, morfologia e valores paisagísticos;*

*II - suas peculiaridades geológicas, geomorfológicas e mineralógicas;*

*III - a ocorrência de vestígios arqueológicos e paleontológicos;*

*IV - recursos hídricos;*

*V - ecossistemas frágeis ou espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção;*

*VI - a diversidade biológica; e*

*VII - sua relevância histórico-cultural ou sócio-econômica na região.  
(CONAMA, 2004)*

Já o Artigo 6º trata da necessidade de elaboração do Plano de Manejo Espeleológico para empreendimentos ou atividades turísticos, religiosos ou culturais que utilizem ambiente inerente ao patrimônio espeleológico. Estes planos serão elaborados pelo órgão gestor ou pelo proprietário da terra e deverão ser aprovados pelo IBAMA.

O Decreto nº 6640/2008 modificou substancialmente a redação do Decreto 99.556/1990b, que até então estabelecia que a utilização das cavidades naturais subterrâneas e de sua área de influência deveria assegurar sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico. A redação do Decreto nº 6640/2008 diminui, consideravelmente, o grau de proteção das cavidades naturais subterrâneas, tendo em vista que permite impactos negativos irreversíveis nestas cavidades e áreas de influência. Desse modo, as cavidades deverão ser classificadas de acordo com seu grau de relevância em: baixa, média, alta e máxima. Segundo a nova redação do Artigo 3º, somente as cavidades de relevância máxima e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis. O § 4º da nova redação do

Artigo 2º entende que as cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo devem conter pelo menos um dos atributos a seguir:

§ 4o Entende-se por cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo aquela que possui pelo menos um dos atributos listados abaixo:

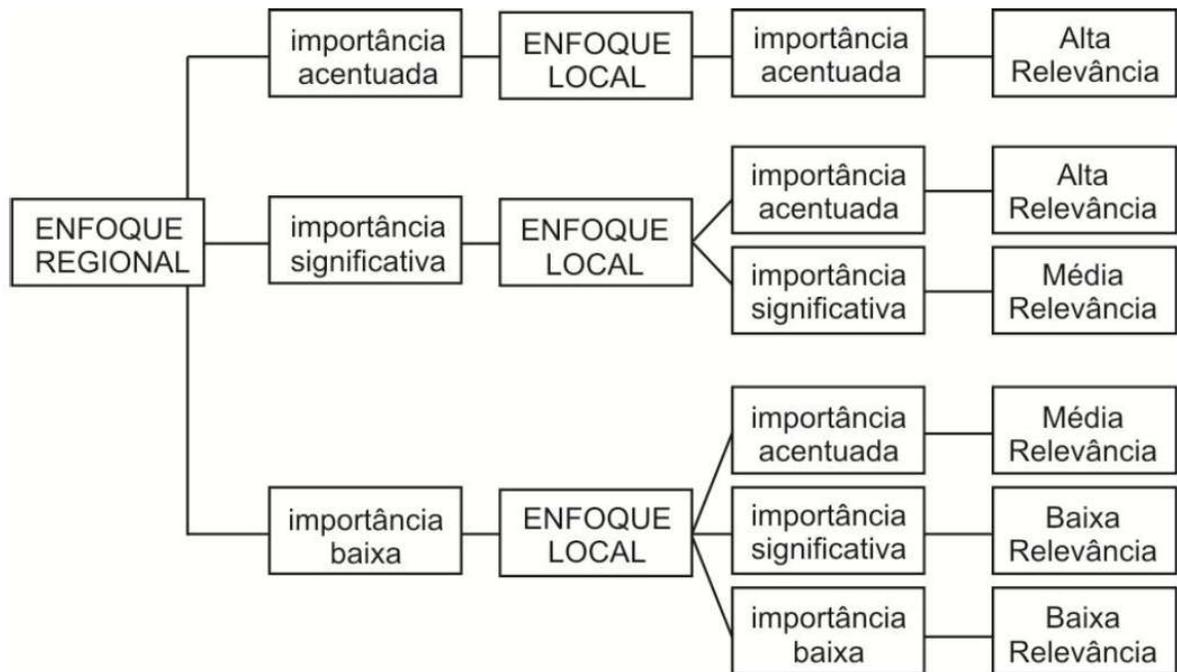
- I- gênese única ou rara;*
- II- morfologia única;*
- III- dimensões notáveis em extensão, área ou volume;*
- IV- espeleotemas únicos;*
- V- isolamento geográfico;*
- VI- abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais;*
- VII- hábitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos;*
- VIII- hábitat de troglóbio raro;*
- IX- interações ecológicas únicas;*
- X- cavidade testemunho; ou*
- XI- destacada relevância históricocultural ou religiosa. (BRASIL, 2008)*

Observa-se que nenhum dos atributos está relacionado aos sistemas cársticos, ou seja, se uma cavidade natural subterrânea funcionar como área de recarga concentrada de um aquífero cárstico, mas não possuir nenhum dos atributos supracitados, ela e sua área de influência podem sofrer impactos negativos irreversíveis. É importante salientar que estes impactos negativos irreversíveis podem afetar a qualidade e dinâmica das águas subterrâneas, extrapolando a área de influência da cavidade e podendo causar prejuízos humanos e materiais. Se até o Decreto 6640/2008 estavam protegidas todas as cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência, que se configuravam como área de recarga concentrada dos sistemas cársticos, a partir desse decreto elas podem ser suprimidas por atividades e empreendimentos localizados em paisagens cársticas.

O Decreto 6.640 de 2008, além de declarar que a cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá sofrer impactos negativos irreversíveis mediante licenciamento ambiental, também estipula condicionantes para a obtenção desta licença. No caso de impactos negativos causados a cavidade de relevância alta, o empreendedor deverá adotar medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho. Já no caso de impactos negativos a cavidade de grau de relevância médio, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente, que contribuam para a conservação. Por

fim, no caso de impactos a cavidades classificadas como de baixa relevância, o empreendedor não estará obrigado a cumprir nenhum tipo de condicionante (BRASIL, 2008).

A Instrução Normativa (IN) MMA nº 2 de 2009b define, de modo mais detalhado, os critérios de classificação das cavidades de alto, médio e baixo grau de relevância. Conforme o Artigo 4º desta IN, a importância dos atributos das cavidades de alta relevância deverá ser acentuada sob o enfoque local e regional<sup>75</sup> ou acentuada sob o enfoque local e significativa sob o enfoque regional (Figura 4.4). Já o Artigo 5º entende que a importância dos atributos das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância médio deve ser acentuada sob o enfoque local e baixa sob o enfoque regional, ou significativa sob o enfoque local e regional (Figura 4.4). Por fim, o Artigo 6º considera que a importância dos atributos das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância baixo deve ser significativa sob o enfoque local e baixa sob o enfoque regional, ou baixa sob o enfoque local e regional (MMA, 2009b) (Figura 4.4).



**Figura 4.4:** Chave de classificação do grau de relevância (alto, médio e baixo) das cavidades naturais subterrâneas.  
**Fonte:** MMA (2009b)

<sup>75</sup> O Decreto 6640/2008 considera como enfoque local a unidade espacial que engloba a cavidade e sua área de influência e, como enfoque regional a unidade espacial que engloba no mínimo um grupo ou formação geológica e suas relações com o ambiente no qual se insere.

O Artigo 7º estabelece os atributos os quais conferem à cavidade importância acentuada sob o enfoque local e regional. Caso a cavidade possua um dos seguintes atributos, ela será classificada como de alta relevância (Figura 4.4):

*Art. 7º Para efeito de classificação do grau de relevância de uma cavidade serão considerados de importância acentuada, sob enfoque local e regional, os atributos com pelo menos uma das seguintes configurações:*

**Comentário:** *ocorrendo ao menos uma das configurações listadas, a caverna será considerada de importância acentuada local e regional, ou seja, de alta relevância.*

*I - Localidade tipo;*

*II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante;*

*III - Presença de táxons novos;*

*IV - Alta riqueza de espécies;*

*V - Alta abundância relativa de espécies;*

*VI - Presença de composição singular da fauna;*

*VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos;*

*VIII - Presença de espécies troglomórficas;*

*IX - Presença de troglóxeno obrigatório;*

*X - Presença de população excepcional em tamanho;*

*XI - Presença de espécie rara;*

*XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3º do art. 14, desta Instrução Normativa;*

*XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3º do art. 14, desta Instrução Normativa;*

*XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3º do art. 14, desta Instrução Normativa;*

*XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras;*

**XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo;**

*XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição;*

*XVIII - Configuração notável dos espeleotemas;*

**XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico;**

**XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima;**

*XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/ cênico da cavidade;*

*XXII - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência regional ou nacional. (MMA, 2009b)*

Dentre os 22 atributos supracitados, apenas 3 (incisos XVI, XIX e XX – em destaque) estão, de alguma maneira, relacionados à importância dos sistemas cársticos. Apesar do inciso XVI consistir num atributo que considera lago ou drenagem subterrânea perene, tal atributo só será considerado se este lago ou drenagem tiver influência sobre algum outro atributo citado neste artigo. Já o inciso XIX consiste no

atributo que está diretamente associado ao sistema cárstico, ou seja, atribui-se relevância alta às cavernas cársticas (ressalta-se que as cavidades de alta relevância ainda podem ser impactadas negativamente). Por fim, o inciso XX pode estar indiretamente associado aos sistemas cársticos, na medida em que a inter-relação com alguma cavidade de relevância máxima, pode ocorrer através de condutos subterrâneos por onde é possível a circulação de águas subterrâneas.

Caso a cavidade em questão possua um dos atributos listados no Artigo 8º, ela será considerada de importância acentuada sob o enfoque local. Logo, conforme o comentário presente em tal artigo, caso ocorra ao menos um dos itens listados abaixo, a caverna terá, no mínimo, médio grau de relevância (Figura 4.4):

**Art. 8º** Para efeito de classificação do grau de relevância de uma cavidade serão considerados de importância acentuada sob enfoque local, os atributos com pelo menos uma das seguintes configurações:

**Comentário:** Havendo a ocorrência de pelo menos uma das configurações listadas, a caverna será considerada de importância local, ou seja, no mínimo como de médio grau de relevância, considerando-se os artigos 4º e 5º desta.

*I - População residente de quirópteros;*

*II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação;*

*III - Alta diversidade de substratos orgânicos;*

*IV - Média riqueza de espécies;*

*V - Média abundância relativa de espécies;*

*VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias;*

*VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local;*

*VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico;*

*IX - Presença de registros paleontológicos;*

*X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade;*

*XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local;*

**XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo;**

**XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo. .(MMA, 2009)**

Dentre os treze incisos que atribuem importância acentuada sob o enfoque local às cavidades, apenas dois (XII e XIII - em destaque) tratam da questão da água subterrânea. Entretanto, mais uma vez estes atributos somente serão considerados se estiverem relacionados a algum outro atributo listado ao longo dos incisos do Artigo 8º. Salienta-se que o fato do rio ou lago ser intermitente não isenta a possibilidade de este constituir importante fonte de dispersão de contaminantes. O Artigo 9º trata dos atributos que conferem às cavidades importância significativa sob o enfoque local e

regional<sup>76</sup>. Dentre os onze incisos listados neste artigo, destaca-se o XIII que possui redação idêntica ao inciso XIII do Artigo 8º. Por fim, o Artigo 10º lista 13 atributos que conferem às cavidades importância significativa sob o enfoque local<sup>77</sup>. Mais uma vez, os atributos que de alguma maneira tratam dos sistemas cársticos são exatamente os mesmos listados no Artigo 8º (Incisos XII e XIII dos Artigos 8º e 10º).

No contexto da evolução da legislação pertinente às cavidades subterrâneas naturais, correlacionando-a com a conservação de paisagens cársticas, pode-se considerar que até o Decreto 6640 de 2008 as cavernas cársticas e sua área de influência não poderiam sofrer qualquer tipo de impacto negativo irreversível de grande magnitude. A partir do referido decreto e da IN MMA nº 2 de 2009b, qualquer caverna que não apresente algum outro atributo de relevância máxima poderá sofrer impactos negativos irreversíveis. Atributos relacionados aos sistemas cársticos podem conferir a estas cavidades grau de importância alto, médio ou baixo. Caso o grau de importância da caverna cárstica seja alto, esta cavidade pode ser impactada desde que duas outras cavidades de características similares e de mesmo grupo geológico sejam preservadas. Cavernas cársticas de média relevância poderão ser impactadas, desde que o empreendedor adote e financie medidas de conservação definidas pelo órgão ambiental competente. Por fim, cavernas cársticas que apresentam grau de relevância baixo podem ser impactadas sem a necessidade de nenhum tipo de compensação ambiental. Em nenhum dos três casos a compensação em questão garante a proteção dos sistemas cársticos.

O Decreto 6640/2008 e a IN MMA/2009-b têm sido alvo de críticas em artigos que analisam os fundamentos jurídicos, bem como os critérios técnico-científicos dos atributos que determinam a relevância das cavidades naturais subterrâneas. Figueiredo et al. (2010) questionam a validade jurídica do Decreto 6640, tendo em vista que a CF no Artigo 225º §1º Inciso III determina que as cavidades naturais subterrâneas são consideradas bens de domínio da União, portanto, somente uma lei poderia reduzir o caráter protetivo destas cavidades. Além disso, os autores salientam que o referido decreto consiste num retrocesso aos valores socioambientais, na medida em que é necessário provar a relevância máxima das cavidades naturais para serem protegidas, entretanto não se avalia a relevância social destes empreendimentos que serão beneficiados com a supressão das cavidades. Os autores ainda consideram os atributos para se estabelecer o grau de relevância das cavidades

---

<sup>76</sup> Caso a cavidade possua um dos incisos listados neste artigo, ela será classificada como uma cavidade de média relevância (Figura 4.5).

<sup>77</sup> Esta ocorrência isolada não define a relevância da cavidade, sendo necessário definir a sua importância regional.

por demais subjetivos, o que pode implicar na perda de patrimônio ainda não conhecido.

Berbert-Born (2010), baseando-se numa análise mais técnica e detalhada desses atributos, também considera que esta IN é potencialmente lesiva ao patrimônio espeleológico. A autora acredita ainda que esta IN não contempla, de modo coerente, o carste como um sistema e salienta a importância de se realizar uma caracterização geoambiental e espeleológica prévia no âmbito regional para que se possa determinar, espacialmente, as tipologias de atividades e empreendimentos em função das fragilidades do território. Ressalta também que tal ordenamento prévio pouparia investimentos financeiros de empreendimentos inviáveis. Apesar do Decreto 6640 de 2008 e da IN MMA de 2009b terem sido contestados por segmentos da sociedade (ONGs, pesquisadores e grupos de espeleologia), até o momento não houve mudança significativa no que tange à proteção dos sistemas cársticos.

Recentemente, a IN MMA nº 2 de 30 de agosto de 2017 revogou a IN MMA nº 2 de 20 de agosto de 2009. Entretanto, a IN nº 2/2017 manteve a essência da IN nº 2/2009, já que os critérios para a classificação de uma cavidade de relevância máxima permaneceram os mesmos<sup>78</sup>. Desse modo, cavernas cársticas, as quais podem desempenhar a função de área de recarga ou descarga dos sistemas cársticos, continuam passíveis de serem suprimidas. A IN nº 2/2017 estipulou ainda critérios quantitativos para a classificação das cavidades em relevância alta, média e baixa, mantendo a mesma lógica dos enfoques local e regional. Entretanto, dentre os atributos relacionados aos sistemas cársticos<sup>79</sup>, somente o atributo “presença de drenagem subterrânea ou lago” é considerado como critério de importância significativa ou acentuado no âmbito regional, de tal modo que apenas este critério é capaz de elevar a classificação de uma cavidade para alta relevância<sup>80</sup>. Pode-se concluir que a instituição da IN nº 2/2017 reforça a tendência de flexibilização do aparato legal em relação à proteção dos sistemas cársticos<sup>81</sup>.

---

<sup>78</sup> Apenas houve um maior detalhamento dos mesmos critérios.

<sup>79</sup> Os referidos critérios são os mesmos analisados na IN nº 2 de 2009: “água de percolação ou condensação”, “lago ou drenagem subterrânea”, “diversidade de depósitos químicos”, “influência sobre os sistemas cársticos”, e “inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima”.

<sup>80</sup> Na IN nº 2/2009 três atributos relacionados aos sistemas cársticos poderiam atribuir relevância alta para a cavidade em análise.

<sup>81</sup> Cabe ressaltar que outros atributos ambientais não relacionados aos sistemas cársticos não foram analisados.

### 4.3) QUAIS ASPECTOS DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL CONVERGEM PARA A PROTEÇÃO DAS PAISAGENS CÁRSTICAS?

Esta seção tem como objetivo analisar em que medida os instrumentos de planejamento urbano e ambiental, abordados nas seções anteriores, abarcam aspectos necessários para o manejo das peculiaridades das paisagens cársticas. Portanto, pretende-se responder à questão proposta no título deste subcapítulo: Quais aspectos dos instrumentos de planejamento urbano e ambiental convergem para a proteção das paisagens cársticas?

Desse modo, optou-se por analisar os instrumentos supracitados baseando-se em sete medidas protetivas que minimizem os impactos ambientais em áreas cársticas: controle de processos erosivos, conservação de áreas verdes, mapeamento de risco geotécnico, proteção de feições cársticas, controle de fontes de poluição, saneamento ambiental e controle da captação e uso das águas subterrâneas (Quadro 4.1).

**Quadro 4.1:** Relação entre os instrumentos de gestões territorial e ambiental, medidas protetivas inerentes ao manejo em áreas cársticas, e principais normas jurídicas.

MEDIDAS PROTETIVAS	INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO TERRITORIAL				INSTRUMENTOS PARA A GESTÃO AMBIENTAL	
	PD	PM de APAs	ZEE	PRH	EIA	LCVN <sup>82</sup>
Controle de Processos erosivos	Art. 42º-A da Lei 10.257/2001	Art. 9º da Lei 6.902/1981	Art. 13º do Decreto 4.297/2002	–	–	–
Conservação de áreas verdes	Art. 42º-A da Lei 10.257/2001	–	Art. 13º do Decreto 4.297/2002	–	Art. 6º da Resolução CONAMA nº001/1986	–
Mapeamento de Risco geotécnico	Art. 42º-A da Lei 10.257/2001	–	–	–	–	–
Proteção de Feições cársticas	–	–	–	–	–	Anexo II da IN MMA nº02/2017
Controle de Fontes de poluição	Art. 2º da Lei 10.257/2001	Art. 9º da Lei 6.902/1981	–	Art. 7º da Lei 9.433/1997	Art. 8º da Resolução CONAMA nº 237/1997	–
Saneamento ambiental	Art. 2º da Lei 10.257/2001	–	–	Art. 31º da Lei 9.433/1997	Art. 9º da Resolução CONAMA nº001/1986	–
Controle da captação e uso das águas subterrâneas	–	–	–	Art. 21º da Resolução CONAMA nº 396/2008	–	–

<sup>82</sup> Legislação pertinente às cavidades naturais subterrâneas

Segundo Ford e Williams (2007) e Coxon (2011), o *controle de processos erosivos* impede o assoreamento de feições endocársticas, a exemplo de condutos e cavernas subterrâneas (Figura 2.4, capítulo 2). O entupimento dessas feições acarreta impactos como escassez de água e inundações em superfície. Em contrapartida, a *conservação de áreas verdes* inibe os processos erosivos que, conforme relatado por Harding e Ford (1993), são 40% mais agressivos em paisagens cársticas quando comparados à perda de solo de paisagens compostas por rochas vulcânicas. Além disso, Coxon (2011) relata que a *conservação de áreas verdes* auxilia na retenção da água e a disponibiliza de forma gradual para o aquífero, através do epicarste (solo das paisagens cársticas). Já Tolmachev e Leonenko (2011) tratam dos riscos e desafios de atividades urbanas em paisagens cársticas que podem ser minimizados através do monitoramento e *mapeamento de áreas de instabilidade geotécnica*. As excessivas pavimentação da superfície e captação das águas subterrâneas podem catalisar a formação de vazios subterrâneos, o que favorece o abatimento de áreas geotecnicamente instáveis passível de causar danos humanos e materiais.

A *proteção de feições cársticas*, como dolinas, sumidouros, cavernas e uvalas, minimiza a possibilidade de contaminação dos aquíferos, já que estas feições, conforme abordado por Ravbar (2007), podem funcionar como áreas de recarga pontual dos sistemas cársticos, ou seja, os contaminantes presentes nas águas que infiltram através destas feições não sofrem nenhum tipo de atenuação (Figura 2.4 do segundo capítulo). Já medidas como *controle de poluição* e *saneamento ambiental* são intervenções antrópicas que mitigam os impactos inerentes à contaminação dos aquíferos, visto que buscam atenuar os contaminantes provenientes das atividades antrópicas ainda em superfície. Por fim, o *controle da captação e do uso das águas subterrâneas* consiste numa medida que previne os impactos supracitados.

A análise do Quadro 4.1 mostra que, dentre os quatro instrumentos para a gestão territorial, os PDs são os que mais abarcam aspectos que convergem para o manejo em paisagens cársticas: “*controle de processos erosivos*”, “*conservação de áreas verdes*”, “*mapeamento de risco geotécnico*”, “*controle de fontes de poluição*” e “*saneamento ambiental*”. O Artigo 42º-A do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) trata dos municípios que deverão considerar em seu planejamento o *controle de processos erosivos* expressivos, já que estes processos podem acarretar impactos decorrentes, por exemplo, de deslizamentos em superfície capazes de assorear condutos subterrâneos. O artigo supracitado também trata da necessidade do *manejo adequado de áreas verdes* municipais, com o intuito de reduzir a impermeabilização

do solo, bem como da necessidade de *mapeamento de áreas suscetíveis a processos geológicos*, as quais podem estar associadas à instabilidade geotécnica de áreas cársticas. Os planos diretores são também instrumento de *controle de possíveis fontes de poluição*, tendo em vista que devem considerar as fragilidades naturais do seu município, estabelecendo zonas que restrinjam atividades antrópicas com considerável grau poluidor nas áreas mais frágeis do carste. Por fim, o Artigo 2º do Estatuto da Cidade destaca a necessidade de tratamento prioritário às obras e edificações de abastecimento de água e *saneamento* (Quadro 4.1). Desse modo, os PDs deverão contemplar nos programas e nos projetos temas que envolvam o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo das águas pluviais urbanas e o manejo de resíduos sólidos.

Os planos de manejo de APAs abarcam as medidas protetivas inerentes ao *“controle de processos erosivos”* e ao *“controle de fontes de poluição”* (Quadro 4.1). O inciso “c” do Artigo 9º da Lei nº 6.902/1981 limita ou proíbe atividades que acelerem processos erosivos que possam comprometer os recursos hídricos em APAs. Já no que tange ao *“controle de fontes de poluição”*, o inciso “a” do artigo supracitado também limita ou proíbe a implantação e a operação de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de comprometer a qualidade dos mananciais de água. Apesar disso, nota-se uma carência de regulamentações para as APAs quanto ao manejo tanto de aspectos que convergem para as peculiaridades das áreas cársticas, quanto de outros tipos de paisagem.

O zoneamento ecológico econômico também abarca duas medidas protetivas: *“controle de processos erosivos”* e *“conservação de áreas verdes”* (Quadro 4.1). O Inciso III do Artigo 16º do Decreto nº 4.297/2002, estabelece que o diagnóstico do ZEE deva contemplar a “Fragilidade Natural Potencial” que é definida por indicadores como a perda do solo, que por sua vez é um indício de processo erosivo. Além disso, o inciso IV deste mesmo artigo prevê a indicação de corredores ecológicos no diagnóstico deste instrumento, consistindo em medida que enfatiza a necessidade de conservação de áreas verdes. Vale ressaltar que o zoneamento estabelecido pelo ZEE não tem o poder de controlar o uso do solo em função das categorias supracitadas. Entretanto, o diagnóstico e o zoneamento deste instrumento podem contribuir para fundamentar decisões de gestores que carecem de instrumentos para a gestão territorial.

Os planos de recursos hídricos abarcam três medidas protetivas: *“controle de fontes de poluição”*, *“saneamento ambiental”* e *“controle da captação e uso das águas subterrâneas”* (Quadro 4.1). O inciso X do Artigo 7º da Lei nº 9.433/1997, que trata do

conteúdo mínimo dos PRHs<sup>83</sup>, destaca a necessidade de propostas que criem área sujeitas à restrição do uso, com o intuito de proteger os recursos hídricos. Já o Artigo 31º desta mesma lei, apesar de não estabelecer diretrizes específicas para o saneamento ambiental, destaca que na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos deverá haver integração das políticas locais de saneamento com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos. Por fim, embora não esteja presente na Lei nº 9.433/1997, a Resolução CONAMA nº 396/2008, no Artigo 21º, trata da questão da implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea em função da quantidade e qualidade destas águas. Logo, se houver necessidade, órgãos ambientais em conjunto com órgãos de recursos hídricos e da saúde podem restringir o uso ou captação da água para a proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (CONAMA, 2008).

Os Estudos de Impacto Ambiental, os quais consistem num instrumento para a gestão ambiental, abarcam três medidas protetivas que convergem para o manejo e proteção em paisagens cársticas: “*conservação de áreas verdes*”, “*controle de fontes de poluição*” e “*saneamento ambiental*” (Quadro 4.1). A primeira medida “*conservação de áreas verdes*” é incorporada a este instrumento na medida em que no seu diagnóstico devem ser caracterizadas as áreas de preservação permanente (letra “b”, inciso I do Artigo 6º da Resolução CONAMA nº002/1986b). Já a segunda medida “*controle de fontes de poluição*” está, fortemente, associada a este instrumento, tendo em vista que um dos seus principais objetivos é avaliar o impacto ambiental gerado pelos diversos tipos de atividades antrópicas. Por fim, o “*saneamento ambiental*”, embora seja abordado numa escala que se restringe ao tratamento dos resíduos e efluentes dos empreendimentos, advoga que as alternativas tecnológicas para este tratamento devem ser previstas no EIA (CONAMA, 1986).

A legislação pertinente as cavidades naturais subterrâneas é a que mais surpreende no que tange à escassez de critérios para a proteção dos sistemas cársticos. A Instrução Normativa (IN) MMA<sup>84</sup> nº 002/2017, principal instrumento vigente para a proteção de cavidades naturais subterrâneas, abarca somente uma medida protetiva: “*proteção de feições cársticas*” (Quadro 4.1). Entretanto, segundo a referida IN, o fato da cavidade natural exercer alta influência sobre o sistema cárstico não implica preservação desta feição, já que a mesma pode ser suprimida mediante compensação ambiental. Tal fato é incoerente, uma vez que o impacto negativo irreversível a uma caverna cárstica pode acarretar impactos negativos irreversíveis a todo o sistema.

---

<sup>83</sup> Planos de Recursos Hídricos.

<sup>84</sup> Ministério do Meio Ambiente.

De modo geral, observa-se que os municípios localizados em áreas cársticas, através do aparato legal inerente à elaboração dos planos diretores, possuem possibilidades razoáveis de realizar um planejamento territorial que implique um manejo adequado das paisagens cársticas. Tal fato é positivo, tendo em vista que o município possui maior conhecimento dos conflitos de uso do seu território; porém, revela-se também negativo, tendo em vista que muitas vezes as prefeituras não dispõem de profissionais capacitados para compreender as peculiaridades dos sistemas cársticos. Neste contexto, os ZEEs, de escala superior a 1:100.000, bem como o zoneamento de APAs, podem funcionar como importante instrumento para subsidiar as decisões inerentes à gestão territorial destes municípios ao indicarem áreas de maior fragilidade natural que demandam controle de processos erosivos, de fontes de poluição e da conservação de áreas verdes. O zoneamento ambiental de APAs, baseando-se nos planos de manejo, consiste num zoneamento fundamentado em estudos mais detalhados do que o ZEE, sendo por esta razão mais indicado para nortear a gestão territorial dos municípios. Apesar de abarcar somente territórios que possuem atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais relevantes, o ordenamento territorial em função deste zoneamento é obrigatório, diferentemente do zoneamento dos ZEEs. Por fim, os planos de bacias hidrográficas são essenciais no que tange ao disciplinamento do uso dos recursos hídricos subterrâneos em consonância com a conservação da quantidade e qualidade destas águas.

Os instrumentos de gestão ambiental que abrangem uma escala pontual, quando comparados aos instrumentos de maior abrangência territorial, não contemplam número significativo de categorias de análise que convergem para a proteção de paisagens cársticas. Entretanto, os EIAs são instrumentos fundamentais que contemplam avaliação de impactos de atividades e empreendimentos com potencial poluidor e degradador. Logo, a partir de um diagnóstico ambiental, este instrumento indicará os possíveis impactos, assim como as possíveis medidas mitigadoras necessárias para a conservação de tais paisagens. Embora seja um instrumento de grande importância, se observa que o processo de licenciamento ambiental tem sido cada vez mais flexibilizado em função de interesses políticos e econômicos<sup>85</sup>. Por fim, a legislação inerente às cavidades naturais subterrâneas, que a princípio aparenta abarcar elementos inerentes à conservação de paisagens cársticas, surpreende ao ser incipiente na proteção destes sistemas por permitir a supressão de feições cársticas, a exemplo de cavernas que podem desempenhar papel fundamental na recarga pontual dos sistemas cársticos.

---

<sup>85</sup> Vide referências como Zhouri (2008), Camargos (2004) e Carneiro (2005).

De modo geral, conclui-se pela inexistência no âmbito nacional de regulamentações específicas para as paisagens cársticas. Apesar dos instrumentos de gestão territorial contemplarem medidas que convergem para o manejo adequado em paisagens cársticas, a aplicação destas medidas, por desconsiderar as peculiaridades deste sistema, pode ser ineficiente. Espera-se, em razão do exposto, que instrumentos de gestão territorial e ambiental construídos segundo fundamentos mais sistêmicos e integradores sejam criados, especialmente para as paisagens cársticas.

## Capítulo 5

# ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTOS URBANO E AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

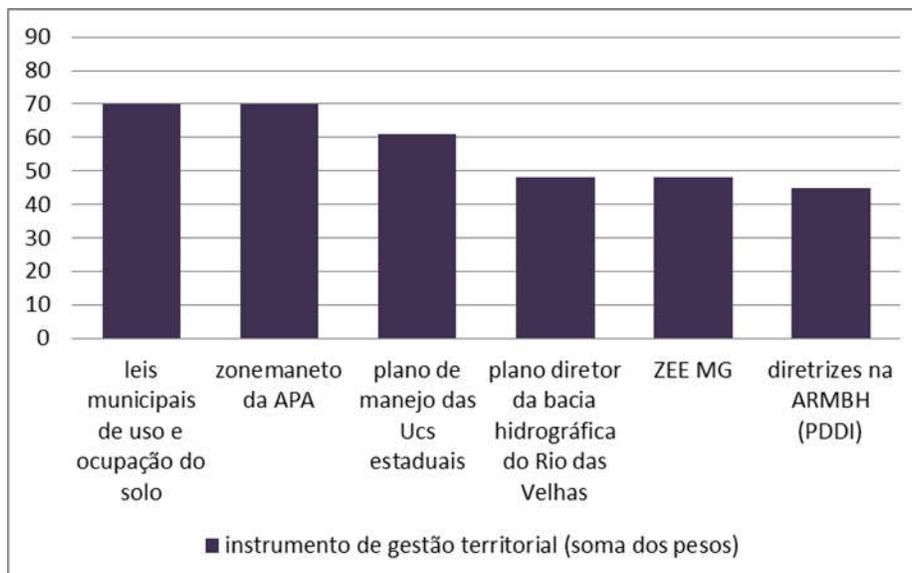
Neste capítulo pretende-se analisar de que modo os diversos instrumentos de planejamento zoneiam a área de estudo, assim como as divergências e convergências entre os referidos instrumentos no espaço. Para tanto, optou-se por analisá-los através do recorte municipal, já que a partir desta escala de análise será possível mapear as zonas de escalas municipais, como as dos PDs, até as zonas de abrangência regional, como o zoneamento da APA Carste. Alt (2008) realizou uma análise semelhante ao comparar o zoneamento da APA com as dos PDs dos municípios de Confins, Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos, de modo que parte da análise efetivada pela autora será incluída nesta seção com o intuito de compará-la ao cenário atual.

Num primeiro momento, buscou-se analisar o zoneamento urbano/municipal, o macrozoneamento da RMBH, o zoneamento ambiental da APA, o zoneamento ecológico econômico de Minas Gerais e o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica (UTE Carste). Entretanto, após a tabulação do questionário aplicado no grupo focal, observou-se que grande parte dos atores não utiliza com frequência em suas práticas de gestão o plano diretor de bacia hidrográfica, o ZEE/MG e as diretrizes do macrozoneamento<sup>86</sup> (Figura 5.1). Logo, o plano diretor de bacia e o macrozoneamento serão analisados de modo generalizado no final deste capítulo. Infere-se que o primeiro instrumento não seja recorrente nas práticas de gestão, visto que os planos diretores de bacia não implicam o zoneamento do território e estão voltados para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos; já o segundo instrumento, o qual implica o macrozoneamento da RMBH, ainda não foi decretado<sup>87</sup> e, por esta razão, carece ainda de ser incorporado às práticas de gestão dos atores. Por fim, como abordado na seção anterior, não será necessário analisar o ZEE, já que o zoneamento ambiental de APAs consiste num instrumento mais apropriado para apoiar as decisões de gestão, caso este ocorra no território em questão (Figura 5.2).

---

<sup>86</sup> O projeto de lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI-RMBH) foi enviado à Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais em dezembro de 2017. Portanto, o macrozoneamento ainda não foi decretado. Fonte: [www.agenciarmbh.mg.gov.br/governa-encaminha-projeto-do-plano-diretor-da-rmbh/](http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/governa-encaminha-projeto-do-plano-diretor-da-rmbh/). Acessado em 25 de janeiro de 2018.

<sup>87</sup> Considera-se como data de referência o dia 25 de janeiro de 2018.



**Figura 5.1:** Relação entre os instrumentos de planejamento da área de estudo e o peso atribuído pelos gestores/atores à utilização destes instrumentos para tomada de decisão. Observa-se que as leis municipais de uso e ocupação do solo e o zoneamento da APA Carste Lagoa Santa são os instrumentos que obtiveram maior peso (70), seguido pelo plano de manejo de UCs estaduais (61). Ressalta-se que 18 questionários foram respondidos e que o peso máximo atribuído a um instrumento seria 5, logo o valor máximo da soma dos pesos é 90.



**Figura 5.2:** Representação das zonas ambientais que compõem a APA Carste de Lagoa Santa.

Fonte: CPRM (1998)

## 5.1) FUNILÂNDIA E PRUDENTE DE MORAIS

Os municípios de Funilândia e Prudente de Moraes não possuem plano diretor, já que ambos possuem população inferior a 20.000 habitantes e não estão localizados na RMBH<sup>88</sup>. Entretanto, os referidos municípios possuem aspectos que os enquadram na qualidade de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, já que são caracterizados por uma alta densidade de dolinamentos susceptíveis a processos geológicos, tais como abatimentos (Figura 5.3).

Os dois municípios abarcam parte de quatro áreas protegidas estaduais: APE aeroporto metropolitano, Escrivânia, Veredas e Cauaia (Figura 5.3). A APE aeroporto metropolitano abarca a porção sudeste do município de Prudente de Moraes e seus limites se assemelham aos limites da APA carste de Lagoa Santa (Figura 5.4). A referida área protegida foi criada pelo decreto 20.597 de 1980 com o objetivo de proteger os mananciais e o patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico. Posteriormente, o referido decreto foi modificado pela Lei 18.043 de 2009, que declara no inciso I as tipologias de áreas de preservação permanente no interior da APE:

- I - ficam declaradas de preservação permanente as áreas:*
- a) necessárias à proteção de monumentos naturais notáveis, sítios arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos;*
  - b) necessárias à proteção de espécies da flora ou da fauna ameaçadas de extinção ou endêmicas;*
  - c) necessárias à criação ou à manutenção de corredores ecológicos entre áreas protegidas;*
  - d) definidas como prioritárias para a conservação da biodiversidade, nos termos da rede de Áreas Protegidas conforme previsto no Decreto nº 44.500, de 3 de abril de 2007, observado o zoneamento ecológico econômico da área de proteção ambiental APA Carste Lagoa Santa;*
  - e) necessárias à recarga hídrica da área cárstica; e*
  - f) de dolinas e as áreas sob sua influência; (Minas Gerais, 2009)*

Ao analisar o referido inciso, observa-se que as alíneas “e” e “f” consideram as peculiaridades de uma paisagem cárstica ao declarar como APPs as áreas necessárias à recarga hídrica desta paisagem, bem como dolinas e as áreas sob sua influência. Apesar da complexidade de se delimitar em sistemas cársticos as áreas de recarga hídrica e sob influência de dolinas, as referidas alíneas são sensíveis ao contemplarem mecanismos de proteção específicos destes sistemas. Por outro lado, grande parte da área da APE (que se assemelha aos limites da APA) não pode ser

---

<sup>88</sup>Conforme o Estatuto da Cidade os municípios que apresentam as referidas características não são obrigados a elaborar o plano diretor.

ocupada, o que acarreta considerável conflito social notadamente em áreas historicamente ocupadas, a exemplo do distrito de Mocambeiros. No entanto, para o representante do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF 1), a referida área protegida deverá ser extinta no momento em que o novo plano de manejo da APA Carste Lagoa Santa incorporar os objetivos da APE. Este ator argumenta que *“...não é necessária gestão compartilhada quando há sobreposição de unidades de conservação, é importante que a unidade de maior item federativo prevaleça na gestão.”* Diante do exposto, a APE aeroporto, instrumento de planejamento ambiental que considera as peculiaridades do carste, tende a ser extinta. Se por um lado a centralização do território em questão é benéfica para as práticas de gestão na medida em que há uma integração dos instrumentos, por outro lado esta integração pode acarretar o abandono de medidas protetivas fundamentais contempladas em antigos instrumentos de gestão, como no caso da APE aeroporto.

As áreas protegidas Escrivânia e Veredas configuram duas importantes áreas de recarga hídrica em razão de conterem em seus territórios maciços calcários e dolinamentos (Figura 5.2). Apesar da significativa relevância ambiental e de estarem previstas no Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais, essas áreas ainda não foram decretadas unidades de conservação, de tal modo que se tornam vulneráveis às atividades antrópicas, a exemplo da mineração que pode impactar significativamente seus recursos hídricos subterrâneos. O representante do CBHVelhas (CBHVelhas 1) salienta que Escrivânia e Veredas, assim como as demais áreas do SAP Vetor Norte<sup>89</sup>, foram concebidas como condicionante da criação da Cidade Administrativa de Minas Gerais e que sofrem pressão de empreendimentos minerários. Além disso, CBHVelhas 1 relata que a preservação de Veredas contribui para a conservação do Córrego da Flor, e IEF 2 adiciona que a criação de Escrivânia contribuirá para a preservação da área de recarga do córrego Gordura (Figura 5.5). Já a área protegida Cauaia (Figura 5.3), a qual abriga importantes maciços cársticos, teve

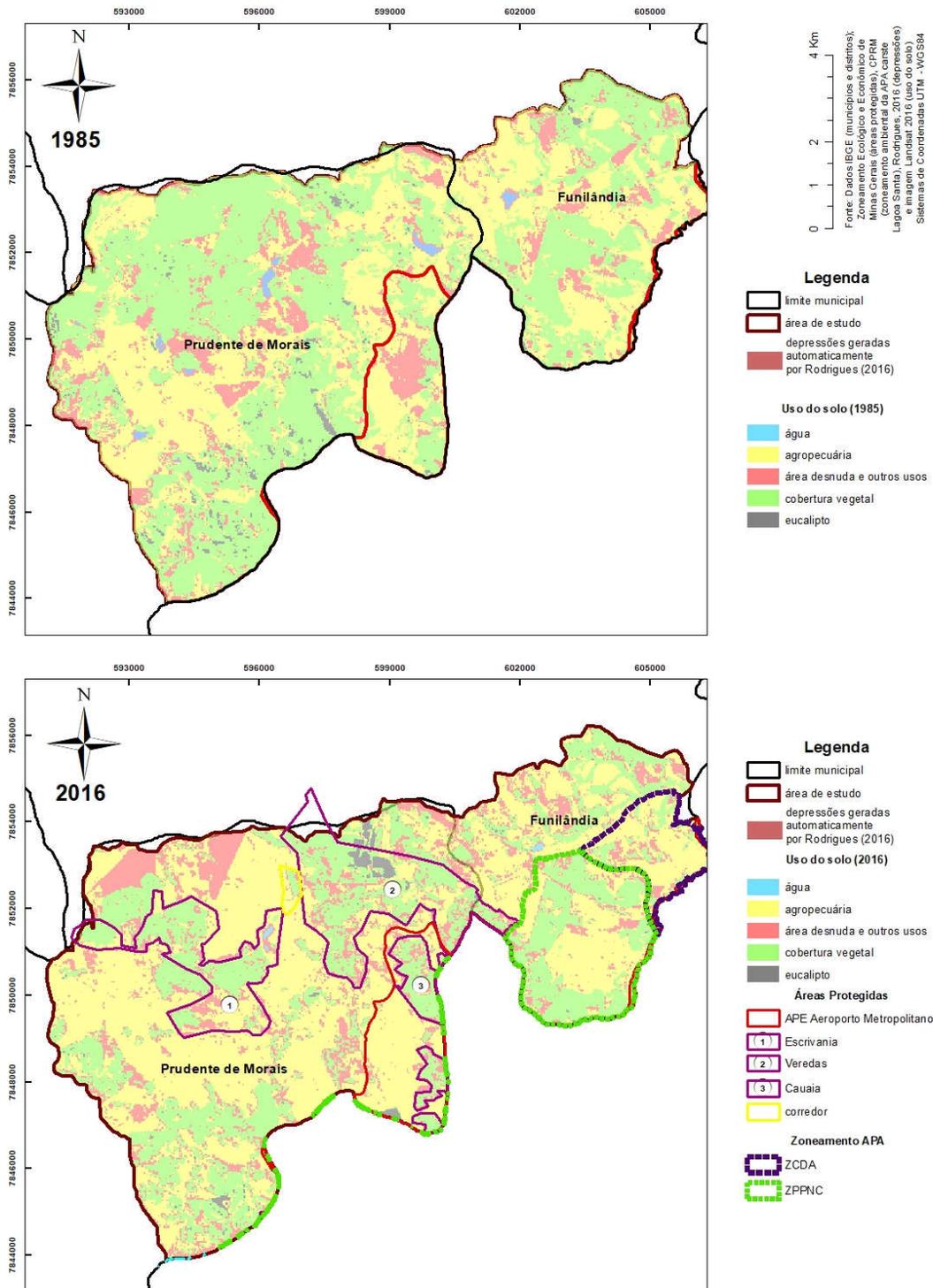
---

<sup>89</sup> O Sistema de Áreas Protegidas (SAP Vetor Norte) prevê a criação no vetor norte da RMBH de um conjunto de unidades de conservação de proteção integral e de corredores ecológicos que as interliguem. Grande parte destas UCs estão inseridas na região cárstica de Lagoa Santa. O decreto nº 44.500, de 03 de abril de 2007, que institui o Plano de Governança Ambiental e Urbanística da Região Metropolitana de Belo Horizonte, dentre as medidas apontadas em seu Art.3º destaca-se a elaboração de estudos destinados a subsidiar a criação de uma rede de Áreas Protegidas, priorizando o Vetor Norte e a área de influência do Anel de Contorno da RMBH, rede esta denominada SAP Vetor Norte. Posterior ao decreto supracitado, o Decreto nº 45.233, de 3 de dezembro de 2009, que altera o Decreto nº 45.097, de 12 de maio de 2009, dispõe sobre o regime jurídico especial de proteção ambiental de áreas integrantes do Vetor Norte da RMBH. Por fim, baseando-se no Art.11 do referido decreto, foi elaborada a Resolução Conjunta SEMAD SEDRU nº 2, de 16 de julho de 2009, a qual identifica o Sistema de Áreas Protegidas e suas respectivas áreas de conectividade. Estas áreas podem ser visualizadas no sítio: [www.zee.mg.gov.br/ferramenta.aspl](http://www.zee.mg.gov.br/ferramenta.aspl).

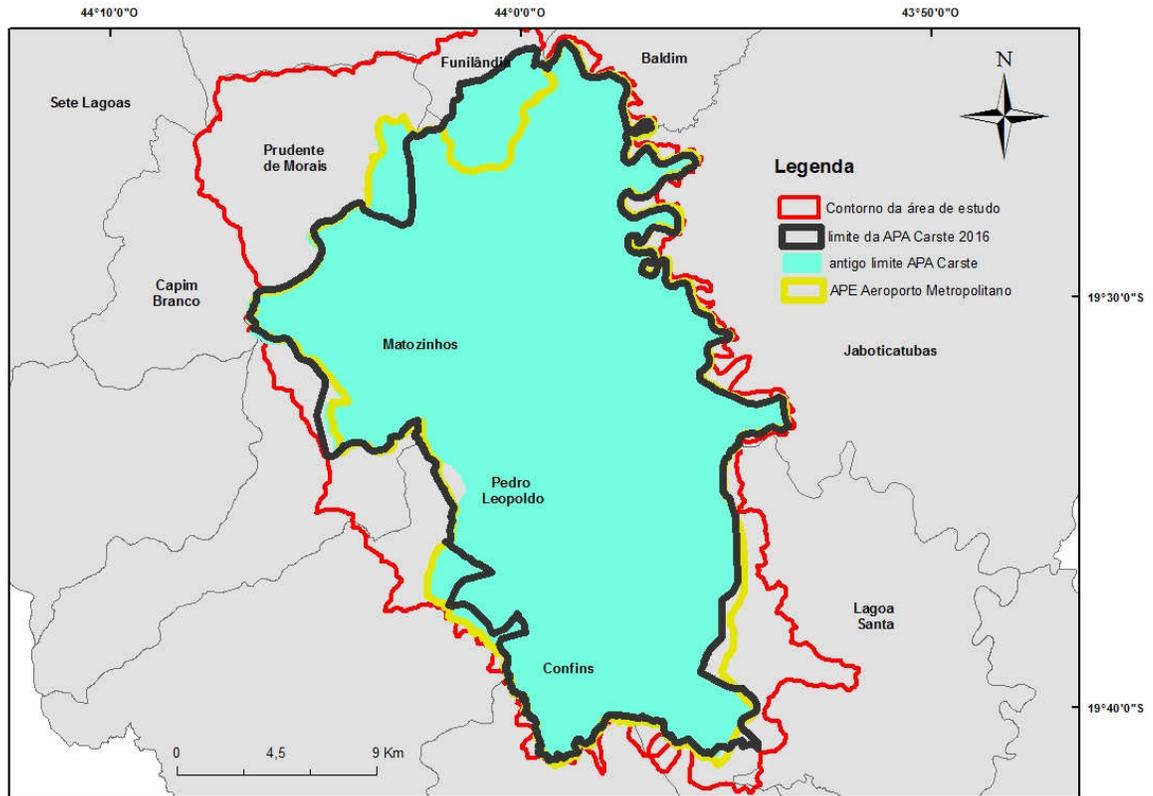
seu processo de criação paralisado por decisão judicial motivada por proprietários de terra da região, os quais não aprovam a interferência do Estado em seus territórios<sup>90</sup>.

---

<sup>90</sup> Ao longo das consultas públicas ocorridas no ano de 2013, os referidos proprietários alegaram que, historicamente, contribuem para a conservação de suas terras e que não seria necessária a presença do Estado. No entanto, a categoria de UC que seria decretada é o Refúgio da Vida Silvestre, o qual permite a compatibilidade de se ter terras públicas e privadas. Neste caso os proprietários não seriam então desapropriados e poderiam manter suas práticas de conservação, o que nos induz a pensar que almejam no futuro praticar usos incompatíveis com a fragilidade da região.



**Figura 5.3:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas depressões/dolinas) e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto) nos municípios de Funilândia e Prudente de Morais, no ano 1985. O segundo mapa ilustra a evolução do uso do solo, sobretudo a predominância do uso agropecuário que pressiona as áreas mais vulneráveis da paisagem em questão, no ano de 2016. Além disso, observa-se uma multiplicidade de instrumentos no referido ano.



**Figura 5.4:** Sobreposição dos limites da APE Aeroporto, da APA adotados em estudos técnicos antes e depois de 2016 e da área de estudo, segundo delimitação de microbacias efetivada nesta pesquisa.

Até meados de 2016 os limites da APA Carste contemplavam parte de Prudente de Morais, porém, ao final do referido ano o município já não se encontrava mais inserido no interior da UC (Figura 5.4). O representante do ICMBIO (ICMBIO I) relata que os limites utilizados pelos estudos do plano de manejo da APA Carste de Lagoa Santa contemplaram parte do município de Prudente de Morais não prevista no memorial descritivo do Decreto 1.876 de 1996. Logo, apesar da relevância ambiental da área, juridicamente o referido município não está contemplado pela APA e por seu zoneamento ambiental. Já as porções sul e sudeste de Funilândia são contempladas, respectivamente, pela zona de proteção das paisagens naturais do carste (ZPPNC) e pela zona de conservação e desenvolvimento agrícola (ZCDA) (Figuras 5.2 e 5.3).

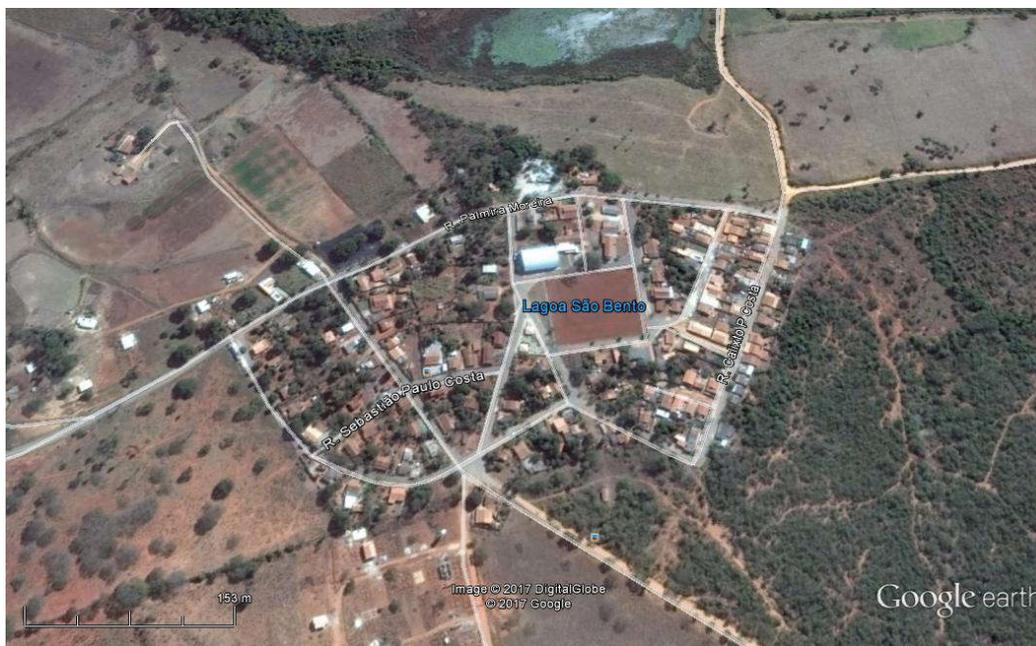


**Figura 5.5:** Maciço calcário localizado no interior da Fazenda Escrivânia e próximo aos limites do SAP Escrivânia, cuja funcionalidade hidrogeológica é de recarga do carste.

A ZPPNC possui como função “*Proteger os recursos ambientais e a sua biodiversidade para a integridade dos ecossistemas representativos das paisagens e da biota associados às matas decíduais e semi-decíduais da APA.*” (CPRM, 1998, p.40). Esta zona contribui para conservação de áreas cársticas ao considerar as áreas de recarga do aquífero e restringir algumas atividades, tais como a extração mineral, o movimento de terra e desmate, os loteamentos urbanos de baixa, média e alta densidade, e a agricultura e pecuária que impliquem impactos ambientais. O principal conflito existente na ZPPNC inserida em Funilândia está presente no distrito de São Bento, localizado na porção norte desta zona (Figura 5.6). Este distrito configura uma área urbana já consolidada e que pode no futuro ser objeto da expansão de loteamentos. Seus domicílios atuais carecem de esgotamento sanitário adequado. Ainda vale observar que grande parte da área da ZPPNC inserida no município de Funilândia é constituída por atividades agropecuárias (Figura 5.3), o que sugere atenção quanto ao tipo de manejo nelas empregado.

A ZCDA possui como função a “consolidação de novos padrões tecnológicos de produção agropecuária intensiva, que racionalizem a utilização dos recursos ambientais da APA”. Portanto, as atividades agropecuárias possuem menos restrições do que na ZPPNC. Apesar disso, destaca-se no plano de manejo da APA Carste de Lagoa Santa que a principal restrição desta zona é coibir o uso de fertilizantes e

pesticidas nas atividades agrícolas. Apesar do exocarste ser pouco expressivo nesta região (Figura 5.3), sua conservação é importante para a proteção dos recursos hídricos superficiais, como o Córrego da Flor e o Rio das Velhas.



**Figura 5.6:** Imagem de satélite de 2017, disponível no Google Earth, que representa o distrito de São Bento/Funilândia, localizado na ZPPNC.

Ao que tudo indica os municípios de Funilândia e Prudente de Morais não são palco de problemas inerentes à sobreposição de instrumentos de gestão territorial. Entretanto, a elaboração de PDs que contemplassem as áreas protegidas Veredas, Escrivânia e Cauaia, bem como as diretrizes do zoneamento ambiental da APA, seriam essenciais para nortear a gestão municipal em função das peculiaridades do carste. Além disso, é primordial o processo de criação das UCs Veredas, Escrivânia e Cauaia, já que abarcam importantes áreas de recarga do aquífero cárstico. O representante da prefeitura de Funilândia (Funilândia 1) ressalta que o maior problema ambiental do município é escassez de água, já que há um uso exacerbado deste recurso por parte de empreendimentos produtores de grama na região. Em contrapartida, o abastecimento humano, a dessedentação de animais e a irrigação de outros cultivos estão comprometidos devido à significativa diminuição do nível de água dos poços da COPASA (GRUPO FOCAL, 2017 – Funilândia 1). Portanto, tornam-se essenciais a conservação das áreas de recarga hídrica e o racionamento do uso da água, com vistas a garantir a disponibilidade dos recurso hídricos subterrâneos para os usos mais nobres da água, notadamente para o abastecimento humano.

## 5.2) MATOZINHOS

Os arquivos georreferenciados do zoneamento municipal de Matozinhos foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, tendo sido gerados a partir das diretrizes da Lei 1.614/2000 que tratam do uso e ocupação do município. Apesar da possibilidade de Leis Complementares alterarem de modo pontual o referido zoneamento, observa-se que há 17 anos o mesmo não foi submetido a uma revisão, conforme exigido pelo Estatuto da Cidade<sup>91</sup>.

Com o intuito de padronizar as zonas municipais dos municípios que possuem PDs (Matozinhos, Pedro Leopoldo, Confins e Lagoa Santa), efetivou-se a reclassificação destas zonas segundo o grau de permissividade para o carste. Para tanto, buscou-se analisar os parâmetros urbanísticos em função do tamanho dos lotes, usos industriais, usos comerciais e usos multifamiliares/verticalizados<sup>92</sup> (Quadro 5.1):

**Quadro 5.1:** Grau de permissividade das zonas municipais em função de seus parâmetros urbanísticos.

Grau de permissividade	Breve descrição	Lote mínimo (m <sup>2</sup> )	Indústria de pequeno porte	Indústria de médio/grande porte	Uso comercial de médio/grande porte	Ocupação de alta intensidade	Uso multifamiliar/verticalizado (+4 pav.)
1	Usos restritos, os quais não comprometem os sistemas cársticos.	-	não	não	não	não	não
2	Usos sustentáveis, onde é permitido o parcelamento do solo de modo sustentável.	1000	não	não	não	não	não
3	Transição entre o grau 2 e 4. Permitido parcelamento do solo em lotes acima de 450 m <sup>2</sup>	450	não	não	não	não	não
4	Permitidos usos industriais de pequeno porte e lotes acima de 300 m <sup>2</sup>	300	sim	não	não	não	sim
5	Usos industriais de médio e grande porte, loteamentos inferiores a 300 m <sup>2</sup>	0	sim	sim	sim	sim	sim

Ao analisarmos a Figura 5.7, observa-se que as zonas mais permissivas do município estão localizadas fora do zoneamento da APA Carste. A ZUM (Zona Urbana de Uso Misto) foi classificada com o grau de permissividade 4 (Figura 5.7) por permitir ocupações de média-alta densidade, multifamiliar e com mais de dois pavimentos.

<sup>91</sup> Segundo o § 3º do Art. 40 da Lei 10.257/2001: "A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos."

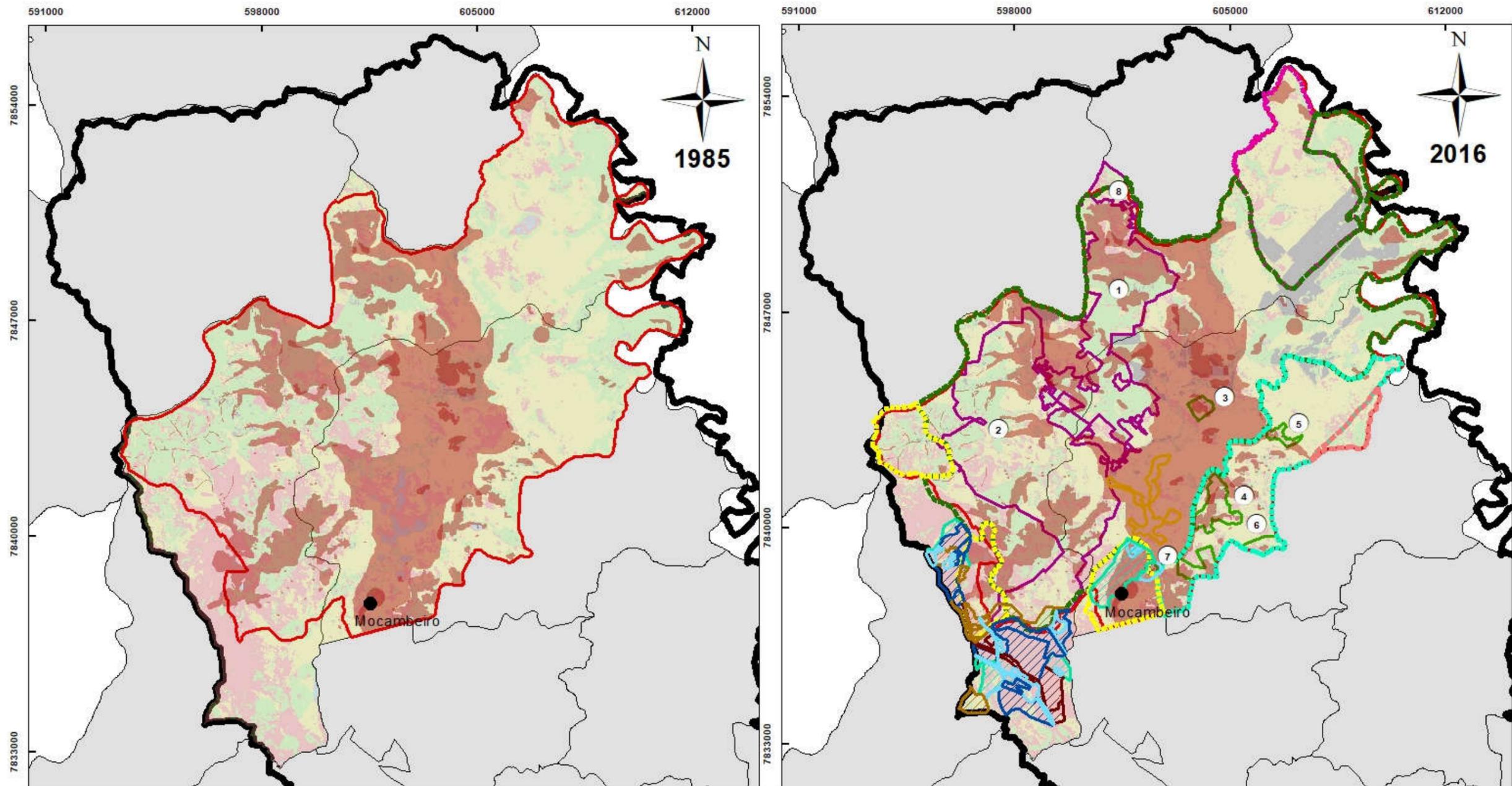
<sup>92</sup> Algumas zonas municipais não apresentaram parâmetros urbanísticos suficientes para realizar a classificação. Desse modo, a classificação foi realizada, de modo qualitativo, tendo como base a descrição da zona na sua referida Lei. As análises encontram-se nos anexos desta tese.

Logo, estimula-se na referida zona um adensamento populacional, o qual pode comprometer os recursos hídricos da região e até mesmo gerar abatimentos. Já a ZUC (Zona Urbana de uso Predominantemente Comercial) foi classificada com grau 5 de permissividade pois, além de permitir ocupações de média-alta densidade, permite empreendimentos comerciais e de serviços de médio e grande porte, os quais podem gerar resíduos e outros tipos de impactos nocivos ao carste. A ZUPE 2 (Zona de projetos especiais -2) possui alto grau de permissividade por conter áreas irregulares e de risco ambiental. Por fim, a ZUI (Zona Urbana Industrial) e a ZEU industrial (Zona de expansão urbana industrial) foram classificadas como as mais permissivas por possibilitarem a instalação de indústrias. Embora o plano diretor, na primeira zona, ressalte que as indústrias instaladas deverão adotar tecnologias limpas, ambas as zonas são bastante permissivas ao admitir a instalação de empreendimentos de grande porte. Inclusive, no grupo focal, foi enfatizado pelos representantes de Matozinhos que um dos problemas ambientais de maior destaque é a operação de uma siderúrgica no “zoneamento urbano residencial do município”.

O plano diretor de Matozinhos, no que tange ao zoneamento rural, respeita o zoneamento estipulado pela APA Carste de Lagoa Santa e pelos demais instrumentos legais ambientais, tais como as unidades de conservação estaduais e suas respectivas zonas de amortecimento. Portanto, em grande parte do território do município presente na área de estudo, não se registram conflitos de gestão entre o poder municipal, as UCs estaduais e o zoneamento da APA Carste.

Entretanto, ao analisarmos a evolução do uso do solo, observam-se incoerências entre o que é planejado e como de fato o território é ocupado. Destaca-se o distrito de Mocambeiro, localizado na ZUE-1 (Figura 5.7), onde ocorre adensamento urbano fora dos padrões estabelecidos pela APA. Além disso, o representante de Matozinhos (Matozinhos 2) afirma que os principais conflitos existentes no distrito de Mocambeiro são a falta de saneamento básico, a drenagem e os loteamentos irregulares (excesso de famílias parcelando o terreno e vendendo-o sem infraestrutura urbana) (Figura 5.8).

Durante o grupo focal os representantes de Matozinhos enfatizaram a necessidade da revisão do Plano de Manejo da APA, já que o parcelamento do solo tem sido uma tendência do município, sobretudo em Mocambeiro. Entretanto, conforme observado na Figura 5.7 e salientado pelo representante do ICMBIO (ICMBIO 2), Mocambeiro está localizado numa área de grande instabilidade geotécnica e de alta vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos.



**Legenda**

- área de estudo
- limites municipais e distritais
- Áreas mais vulneráveis à contaminação dos aquíferos e ao abatimento do terreno (Tayer, 2016 e CPRM, 1998)

- uso do solo (1985 e 2016)**
- água
  - agropecuária
  - área desnuda e outros usos
  - cobertura vegetal
  - eucalipto

- Zoneamento Municipal**
- Grau de permissividade**
- 1: ZUP, ZIE1, ZIE2 e ZIE3
  - 2: ZUR1, ZUR2, ZUR5 e ZEU1
  - 3: ZUR3, ZEUS, ZEU-social, ZUPE1, ZUR 6 e ZUE1
  - 4: ZEUS, ZUM, ZUE2, ZEUS-3 e ZUPE3
  - 5: ZUC, ZUI, ZEU industrial e ZUPE2

- Áreas protegidas**
- APE Aeroporto
  - corredor ecológico
  - Cauaia
  - Poções
  - Veredas
  - MNE Experiência da Jaguará
  - PE Cerca Grande
  - MNE Santo Antônio
  - MNE Maciço do Baú
  - MNE Vargem da Pedra

- Zoneamento APA**
- ZPPNC
  - ZCPD
  - ZCDA
  - ZCDUI
  - ZPPC

0 2,25 4,5 9 Km

Fonte: Dados IBGE (municípios e distritos); Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais (áreas protegidas), CPRM (zoneamento ambiental da APA carste Lagoa Santa); imagem Landsat 2016 (uso do solo) e Prefeitura de Matosinhos (zonamento urbano)

Sistemas de Coordenadas UTM - WGS84

**Figura 5.7:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas dolinas) e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto) no município de Matosinhos no ano 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não foram eficientes em controlar o uso do solo mapeado no ano de 2016.



**Figura 5.8:** Foto do distrito de Mocambeiro, localizado em área de alta fragilidade cárstica. Este distrito tem sido alvo de parcelamentos irregulares que contradizem as condições normatizadas na Lei de Uso Ocupação do solo municipal e o zoneamento da APA carste de Lagoa Santa.

Além do conflito inerente ao parcelamento, conforme abordado no capítulo anterior, Mocambeiro não possui rede de coleta de esgoto. O esgotamento sanitário domiciliar é majoritariamente destinado às fossas, em sua maioria rudimentares. No que tange ao uso agrícola, foi relatado pelo representante do CBHVelhas (CBHVelhas 1) que a adubação de cultivos de feno mediante emprego de agroquímicos provocou a contaminação de uma lagoa do distrito. Os referidos problemas são graves na medida em que a falta de tratamento do esgotamento sanitário e o uso de agrotóxicos comprometem a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.

A ZPPNC (Zona de Proteção das Paisagens Naturais do Carste) abrange grande parte do território de Matozinhos e contém no seu interior cinco áreas protegidas, abarcando parcela considerável da área ambientalmente mais vulnerável do município (Figuras 5.2 e 5.7). A ZPPNC consiste na zona mais restritiva da APA, tendo como principais restrições: atividades de extração mineral; movimentos de terra e desmates; loteamentos urbanos de baixa, média e alta densidade; agricultura e pecuária potencialmente impactantes em razão da geração de carga orgânica e da utilização de fertilizantes tóxicos e pesticidas; desmate indiscriminado da cobertura vegetal nas áreas núcleo de manutenção da biota regional (CPRM, 1998b) As áreas protegidas Cauaia, Poções, Veredas, corredor ecológico, MNE<sup>93</sup> Fazenda da Jaguará e MNE Vargem da Pedra estão localizadas no interior da ZPPNC e reforçam os

---

<sup>93</sup> MNE - Monumento Natural Estadual

objetivos desta zona por serem mais restritivas (já que as referidas áreas protegidas são de proteção integral). No entanto, o processo de criação das áreas protegidas Cauaia e Poções, integrantes do SAP Vetor Norte, ainda não concluído, o que denota sua instabilidade jurídica.

Quanto ao conflito verificado entre o uso e as unidades de planejamento da ZPPNC, observa-se que houve significativa conversão do uso “cobertura vegetal” para o uso “agropecuário” (Figura 5.7). Destaca-se, também, a evolução significativa do plantio de eucalipto que ocupa o limite leste da área protegida Cauaia (Figura 5.9) e os limites da ZPPNC e ZCDA (Zona de Conservação de Desenvolvimento Agrícola) (Figura 5.7). Na ZPPNC são toleradas as atividades agro-silvo-pastoris previamente existentes, desde que suas práticas de manejo não degradem e poluam o solo e as águas subterrâneas, sendo proibida a agricultura intensiva que faça uso de pesticidas e agrotóxicos. Pelo fato do cultivo de eucalipto não atender as exigências desta zona, já que foi introduzido a partir de 2007 (vide capítulo 3), trata-se de uso que pode ser nocivo à degradação do carste.

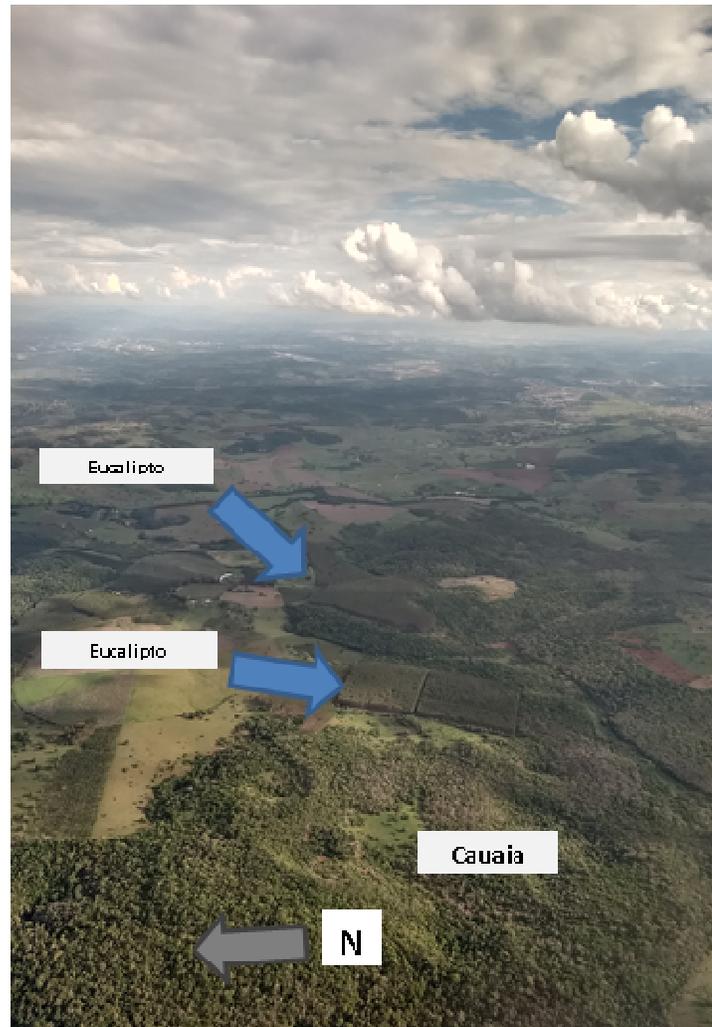
Já na ZCDA, embora seja mais permissiva do que a ZPPNC ao permitir “*agricultura e pecuária sob condições de manejo que propiciem baixo consumo de recursos naturais*”, são toleradas apenas “*agricultura, silvicultura e pecuária intensiva existentes*”. Neste caso, o cultivo de eucalipto não é tolerado por ter sido introduzido após 2007, caso seja ele classificado como silvicultura intensiva. Pelas dimensões da plantação de eucalipto na ZCDA se questiona se o referido manejo é adequado aos objetivos estabelecidos por esta zona (Figura 5.10). Durante efetivação do grupo focal o representante da EMATER (EMATER 1) destacou que os cultivos agrossilvopastoris não implicam, necessariamente, degradação ambiental<sup>94</sup>. Na visão deste ator, na região nordeste de Matozinhos o cultivo de eucalipto pode ser ambientalmente mais viável do que o parcelamento do solo. Porém, diante do exposto, cabe ressaltar que o manejo de eucalipto em questão deverá ser tecnicamente analisado com vistas a confirmar seu baixo consumo de recursos naturais. Digno de nota é o fato de que na ZCDA o parcelamento do solo destinado a loteamentos urbanos ser proibido.

A ZCPD (Zona de Conservação do Planalto das Dolinas) tem como principais funções “disciplinar as atividades agropecuárias e de extração mineral” e “proteger as ocorrências localizadas de preservação permanente e interesse especial”, como feições cársticas significativas. Observa-se que UCs estaduais presentes no interior desta zona (PE Cerca Grande, MNE Santo Antônio e MNE Baú) reforçam sua função

---

<sup>94</sup> Na literatura científica sobre o assunto, deve-se analisar fatores como: i) bioma de inserção; ii) densidade pluviométrica; iii) tipo de solo; iv) declividade dos solos, v) distância das bacias hidrográficas; bem como as técnicas agrícolas empregadas, para se constatar o grau de degradação ambiental do cultivo de eucalipto na paisagem na qual está inserido (VITAL, 2007).

ao garantirem proteção integral das áreas mais vulneráveis situadas no interior da ZCPD (Figura 5.7). Tanto na ZCPD como na ZPPC (Zona de Proteção do Patrimônio Cultural) não foi observado conflito significativo entre o uso do solo e as unidades de planejamento estaduais e federal.



**Figura 5.9:** Plantios de eucalipto próximos aos limites leste do SAP Cauaia e no interior da ZPPC da APA Carste de Lagoa Santa.

**Fonte:** Voo comercial (novembro/2017)

A partir da análise realizada nesta seção, observa-se que o planejamento municipal (zonas da Lei de uso e ocupação do solo - 2000), estadual (áreas protegidas do SAP vetor norte – criadas em 2010), e federal (zoneamento da APA Carste - 1998) não apresentam divergências entre seus respectivos objetivos<sup>95</sup>. Entretanto, através da evolução do uso do solo obtida em imagens de satélite, do reconhecimento em

<sup>95</sup> Alt (2008) já havia constatado a não existência de divergências entre o zoneamento municipal de Matozinhos (2001) e zoneamento ambiental da APA Carste (1998).

campo e da fala dos atores que participaram do grupo focal, constata-se que o uso do solo não está em conformidade com o planejamento proposto. Ainda se percebe um anseio por parte dos atores da Prefeitura de Matozinhos e da EMBRAPA em flexibilizar as referidas unidades de planejamento, já que também há um anseio por parte dos proprietários de Mocambeiros e dos produtores agropecuários da região em, respectivamente, otimizar ao parcelamento do solo e a produção agropecuária.



**Figura 5.10:** Cultivo de eucalipto na porção nordeste do município de Matozinhos que abrange a ZPPC e ZCDA da APA Carste de Lagoa Santa.

### **5.3) PEDRO LEOPOLDO**

Alt (2008) analisou a sobreposição do zoneamento presente no anteprojeto do plano diretor de Pedro Leopoldo, cedido pela Fundação João Pinheiro em 2007, ao zoneamento ambiental da APA Carste de Lagoa Santa elaborado em 1998. A autora constatou incompatibilidades entre os referidos instrumentos, sobretudo no que tange às zonas municipais que permitem a instalação de empreendimentos industriais em

áreas mais restritivas da APA. Atualmente a gestão municipal é norteada pelo zoneamento proposto pelo plano diretor de 2016<sup>96</sup> (Lei 3444/2016).

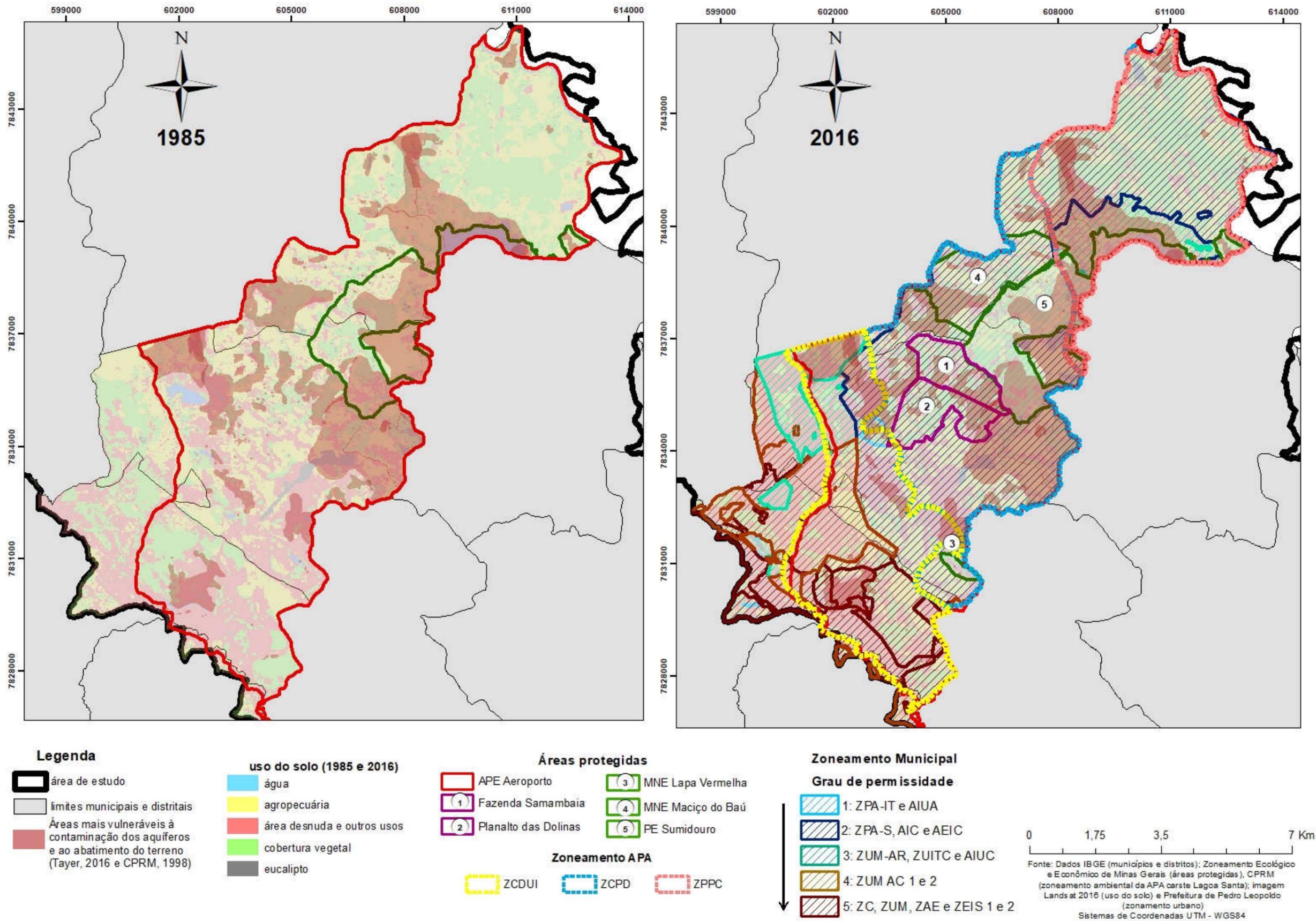
As zonas do plano diretor de Pedro Leopoldo que apresentam maior grau de permissividade (5) são as: ZC (Zona Central), ZUM (Zona Urbana Mista), ZAE (Zona de Atividades Econômicas) e ZEIS 1 e 2 (Zona Especial de Interesse Social). Estas zonas estão localizadas fora da APA (próximo à MG-424) e, em maior proporção, na ZCDUI (Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial) da APA Carste de Lagoa Santa (Figuras 5.2 e 5.11).

A ZAE ocupa grande parte da porção sul da ZCDUI e tem como principal objetivo a instalação de atividades econômicas conflitantes com o uso residencial. Embora a referida zona ressalte a necessidade do licenciamento ambiental e consulta às demais leis ambientais nos âmbitos federal, estadual e municipal, ela também incentiva a instalação de atividades econômicas em áreas vulneráveis à contaminação dos aquíferos e aos abatimentos no terreno (Figura 5.11). Esta zona municipal poderá, então, estimular usos que não estão em conformidade com as áreas mais vulneráveis do carste. Como pode ser verificado a partir da análise do mapa de uso e ocupação do solo, ao longo dos últimos 20 anos<sup>97</sup> a ZCDUI registrou sensível conversão do uso “agropecuário/cobertura vegetal” para o uso “áreas desnudas e outros usos” (provavelmente motivados por loteamentos na região) (Figura 5.12). O distrito de Santo Antônio, que abriga uma lagoa (uvala) homônima, enfrenta sérios problemas quanto à disposição inadequada do esgotamento sanitário domiciliar, fator que tem contribuído para a contaminação dos aquíferos.

---

<sup>96</sup> Tanto o plano diretor, como os shapes do zoneamento municipal foram disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Pedro Leopoldo.

<sup>97</sup> Vide terceiro capítulo.



**Figura 5.11:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste (representada pelas dolinas) e os únicos instrumentos de planejamento (APE Aeroporto e PE do Sumidouro) no município de Pedro Leopoldo em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não foram eficientes em controlar o uso do solo vigente em 2016.



**Figura 5.12:** Lagoa de Santo Antônio, um dos distritos mais densamente urbanizado da APA carste de Lagoa Santa. Neste distrito há uma lagoa homônima que tem sido contaminada pela disposição inadequada do esgotamento sanitário.

A ZCPD (Zona de Conservação do Planalto das Dolinas) é a zona da APA carste que abrange maiores áreas de vulnerabilidade do carste no município de Pedro Leopoldo, já que a ocorrência de dolinamentos é o principal motivo que caracteriza a referida zona (Figuras 5.2 e 5.11). No interior da ZCPD estão presentes as seguintes zonas municipais ZPA-IT (Zona de Proteção Ambiental Integral) e ZPA-SI (Zona de Proteção Ambiental Sustentável I), ambas localizadas na zona rural do município de Pedro Leopoldo. Estas zonas estão em conformidade com a ZCPD da APA, com o PESU (Parque Estadual do Sumidouro) e com o MNE Lapa Vermelha (Monumento Natural Estadual Lapa Vermelha), já que foram criadas em função dos objetivos propostos pelas referidas unidades de conservação (Figura 5.11). Entretanto, há um conflito entre as áreas protegidas (Fazenda Samambaia<sup>98</sup>, Planalto das Dolinas e MNE Maciço do Baú) e a ZPA-SI (Figura 5.11). As áreas protegidas Fazenda Samambaia e Planalto das Dolinas, apesar de até de 2016 não terem sido decretadas como UCs, consistem em áreas “congeladas” por fazerem parte do SAP Vetor Norte da RMBH, já o MNE Maciço do Baú consiste numa UC de proteção integral (Figura 5.13). Logo, a ZPA-SI é conflitante ao abranger as referidas áreas, visto que foi instituída para ser compatível a UCs de uso sustentável.

<sup>98</sup> A partir de outubro de 2017, a Fazenda Samambaia de propriedade da Vale, passou a fazer parte do Parque Estadual do Sumidouro. Vide: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/2333-ief-recebe-fazenda-samambaia-totalmente-restaurada-pela-vale> Acessado em 18 de janeiro de 2018.



**Figura 5.13:** Em primeiro plano, plantação de cana; em segundo plano maciço calcário, ambos localizados no MNE do Baú. Apesar de ser uma UC de proteção integral, os Monumentos Naturais admitem terras privadas em seu interior, um desafio para gestão, já que os usos nem sempre são compatíveis com os objetivos da UC.

A ZPPC (Zona de Proteção do Patrimônio Cultural) tem como principal função proteger e promover o conjunto paisagístico e cultural regional, bem como proteger o ecossistema úmido e a biota remanescentes em ambiente lacustre (CPRM, 1998b) (Figura 5.2). Em Pedro Leopoldo esta zona abriga núcleos urbanos, a exemplo dos distritos de Fidalgo e Quinta do Sumidouro (Figura 5.14). No interior da ZPPC predominam três zonas municipais: ZPA-SI (Zona de Proteção Ambiental – Sustentável I), que abrange a porção norte; ZUITC (Zona Urbana de Interesse Turístico e Cultural), que abrange a porção sul; ZPA-IT (Zona de Proteção Ambiental – Integral), localizada na porção extremo sul da ZPPC, cujos limites coincidem com aqueles do PESU (Figura 5.11). Dentre as três zonas municipais supracitadas, a ZUITC, que apresenta grau de permissividade 3, não está em harmonia com a ZPPC da APA Carste e com a zona de amortecimento do PESU, já que permite lotes com área mínima de 450 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.14:** Fidalgo, distrito de Pedro Leopoldo, que carece de uma disposição adequada de seu esgotamento sanitário domiciliar.

Entretanto, o conflito mais vigoroso na ZPPC não consiste nos instrumentos de planejamento sobrepostos, mas na evolução do uso do solo que denota um processo de urbanização sem condições adequadas de saneamento. Como abordado no terceiro capítulo, o esgotamento sanitário do distrito de Fidalgo é destinado às fossas rudimentares que comprometem a qualidade da água dos aquíferos. Por outro lado, conforme abordado pelo representante de Pedro Leopoldo (Pedro Leopoldo 1), os munícipes deste distrito não dispõem de recursos financeiros para instalação de fossas sépticas:

*Na região, outro problema, no interior da APA, na ZPPC, Fidalgo e Quinta, não tem rede de esgoto. É basicamente fossa negra. E não tem perspectiva nenhuma de implantação de rede de esgoto lá. Está em uma das regiões mais vulneráveis da APA, das regiões que mais carece de controle ambiental e a população se vê em uma enrascada, porque é exigido via fiscalização, que a lei assim exige, que seja implantada fossa séptica, que tem um custo elevado, e boa parte dessa população que habita ali não tem muito recurso... (Fala do representante de Pedro Leopoldo no Grupo Focal que ocorreu no dia 06/07/2017)*

De modo geral, observa-se que houve certa evolução entre o zoneamento municipal de 2007, analisado por Alt (2008), e o zoneamento municipal de 2016, analisado nesta pesquisa. Atualmente o zoneamento municipal de Pedro Leopoldo é

mais compatível com os objetivos da APA Carste de Lagoa Santa<sup>99</sup>. No zoneamento de 2007, os conflitos entre as zonas municipais e a ZPPC e ZCPD da APA eram gritantes ao permitirem loteamentos e instalação de grandes equipamentos, como distritos industriais, indústrias e serviços de grande porte<sup>100</sup>. Hoje os conflitos são mais sutis e consistem, basicamente, numa maior permissividade da ZAE em áreas mais vulneráveis da ZCDUI, na negligência da ZUITC em permitir lotes com áreas mínimas de 450 m<sup>2</sup>, e na negligência de áreas de proteção integral, como o MNE Maciço do Baú. Quanto ao uso do solo, ao longo dos últimos 30 anos, observa-se expressiva conversão dos usos “agropecuária” e “cobertura vegetal” em “área desnuda e outros usos” motivados pelo processo de urbanização, sobretudo na região do distrito de Lagoa de Santo Antônio e na porção da área de estudo que não é abrangida pela APA.

#### **5.4) LAGOA SANTA**

Para o município de Lagoa Santa optou-se, de início, por fazer uso do zoneamento do plano diretor vigente<sup>101</sup>, instituído em 2006. Entretanto, desde 2015 o município tem revisado o referido PD com previsão de aprovação em 2018. Portanto, nesta pesquisa foram adotadas as zonas que farão parte do novo PD<sup>102</sup>, já que correspondem à realidade do planejamento urbano que será adotado nos próximos anos como norteador da gestão territorial do município.

Conforme esperado, a área do município não abrangida pelo zoneamento da APA (porção leste da Figura 5.16) é aquela que concentra as zonas municipais mais permissivas, classificadas com os graus 5 e 4, a saber: ZCA (Zona Consolidada Adensada); ZIF (Zona de Interesse Federal); ZAP (Zona de Adensamento Preferencial); ZIC (Zona de Interesse Cultural); e ZAR (Zona de Adensamento Restrito) (Figura 5.16). As ZCA e ZIF são zonas que permitem a instalação de indústrias, portanto foram classificadas com grau de permissividade 5. Já as ZAP e ZIC, além de permitirem lotes de 360 m<sup>2</sup>, também admitem uso multifamiliar verticalizado, sendo classificadas com grau de permissividade 4 (Figura 5.16). Ao analisar a evolução do uso e ocupação do solo (Figura 5.16), observa-se que houve significativo aumento da classe “área desnuda e outros usos” representada por

---

<sup>99</sup> Apesar da ZUITC, localizada na zona de amortecimento de PESU permitir lotes de 450 m<sup>2</sup>.

<sup>100</sup> Para maiores detalhes vide Alt (2008).

<sup>101</sup> Novembro de 2017.

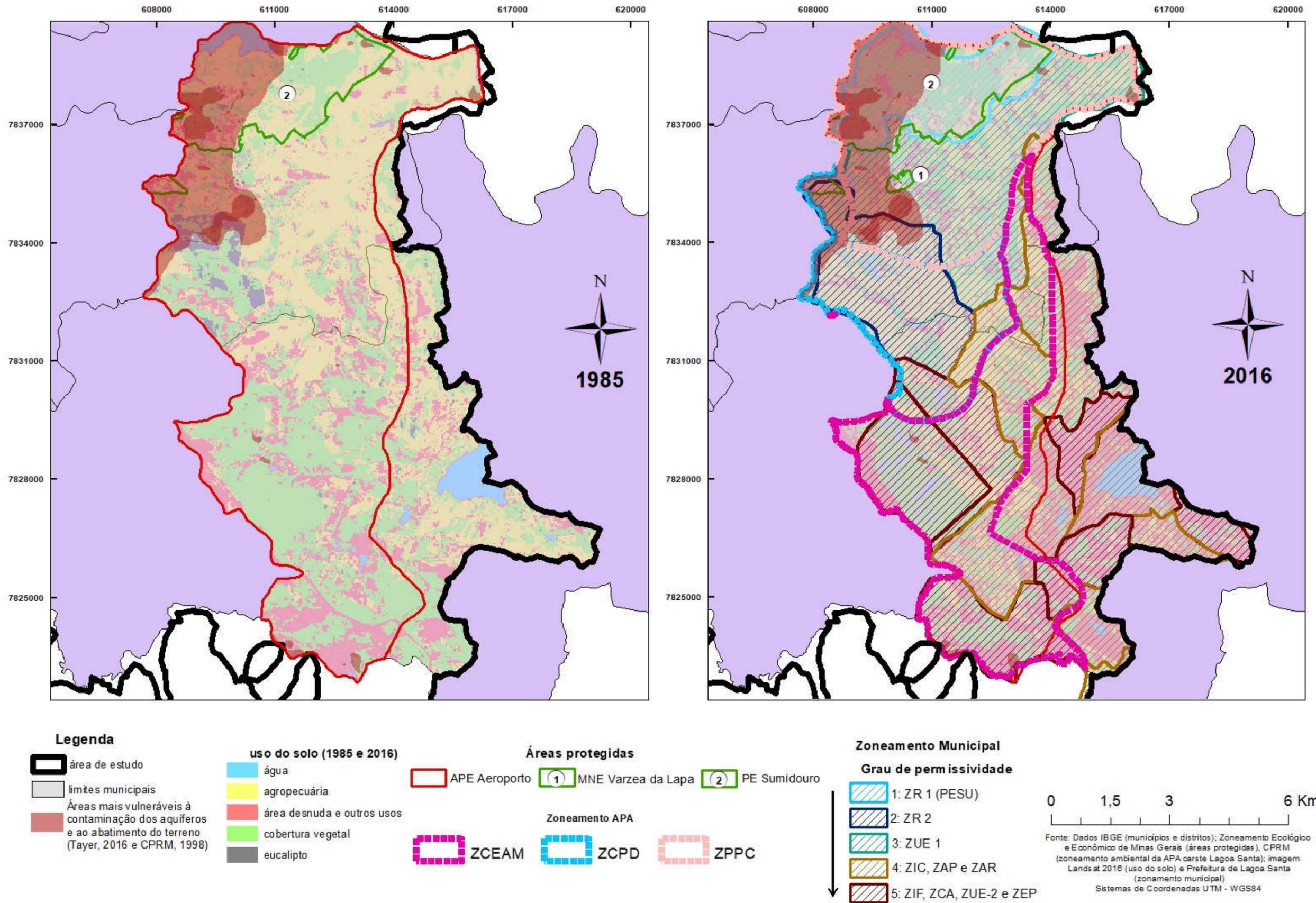
<sup>102</sup> Como o plano diretor ainda não foi aprovado pela câmara municipal de Lagoa Santa, algumas mudanças ainda podem ocorrer no zoneamento.

loteamentos edificados, em detrimento das classes cobertura vegetal e agropecuária (Figuras 5.15 e 5.16).



**Figura 5.15:** Imagem de satélite da Lagoa Central da sede municipal de Lagoa Santa. Observe o adensamento urbano no entorno da lagoa, parte integrante da ZIC (Zona de Interesse Cultural). Esta zona permite o adensamento multifamiliar vertical, o que aumenta as pressões sobre o território, os recursos hídricos e o tratamento do esgotamento sanitário. Em 2015 foi registrada a ocorrência de abatimentos no entorno da lagoa, cuja origem pode estar vinculada à crescente pressão antrópica.

**Fonte:** Imagem Google Earth, acessada em novembro de 2017.



**Figura 5.16:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do carste e os únicos instrumentos de planejamento (APE Aeroporto e PE do Sumidouro) no município de Lagoa Santa, em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais não se revelaram eficientes quanto ao controle do uso e ocupação do solo em 2016.

A ZCEAM (Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano) tem como principal desafio *“propiciar o equilíbrio entre o sistema cárstico e o vetor de expansão norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, garantindo a interface entre estes dois processos distintos: o processo de metropolização, representado pelo complexo aeroportuário, e o processo de desenvolvimento do território na APA, com suas características socioambientais específicas.”* (CPRM, 1998) (Figura 5.2). Esta é a zona mais flexível no que tange ao uso e ocupação do solo do município de Lagoa Santa, de tal modo que as zonas municipais mais permissivas estão localizadas nesta porção da APA. Há nestas zonas grau de permissividade 5: ZEP (Zona Econômica de Porte); ZIF (Zona de Interesse Federal) e ZUE 2 (Zona Urbana Especial 2); e 4: ZAP (Zona de Adensamento Preferencial) e ZAR (Zona de Adensamento Restrito). A ZEP, ZIF e ZUE2 são as mais permissivas ao permitirem a instalação de indústrias no interior de seu perímetro, embora ZCEAM tolere apenas indústrias **já existentes** de Classes 2 ou 3. A ZEP, por exemplo, tem como principal objetivo admitir indústrias e empreendimentos de porte, portanto, acredita-se que serão estimulados empreendimentos com classes superiores a 3. A ZIF e ZUE2 também admitem empreendimentos industriais, entretanto não foi especificado o seu porte ao longo da minuta do PD de Lagoa Santa (Figura 5.17). Ademais, não se constatou incompatibilidade entre a ZCEAM e a demais zonas municipais que a compõem.

Como abordado nas seções anteriores, ZCPD possui como uma de suas funções proteger feições cársticas, sendo proibido a implantação e instalação de indústrias com potencial poluidor (CPRM, 1998). Entretanto, a ZIF (Zona de Interesse Federal) e ZUE 2 (Zona Urbana Especial 2) admitem o uso industrial e abrangem parte da área da ZCPD (Figura 5.16), sendo o referido uso proibido na ZCPD. Já a ZAR (Zona de Adensamento Restrito) e ZUE1 (Zona Urbana Especial 1) possuem, respectivamente, graus de permissividade 4 e 3 e estão em conflito com a ZCPD ao permitirem loteamentos de, respectivamente, 360m<sup>2</sup> e 500m<sup>2</sup>. Este fato configura uma contradição com o plano de manejo da APA Carste, o qual permite *“loteamentos destinados à chácaras de recreio, com parcelamento mínimo de 5.000 m<sup>2</sup>...”* (CPRM, 1998). A ZR2 (Zona Rural 2) também revela contradição com o plano de manejo da APA pelo mesmo motivo, já que permite loteamentos mínimos de 2000 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.17:** Obras de expansão do Aeroporto Tancredo Neves instalado nos municípios de Confins e Lagoa Santa. A ZIF foi criada em função das atividades aeroportuárias, entretanto, há possibilidade de conflito desta zona com a ZCEAM e áreas mais vulneráveis do carste ao admitir empreendimentos de classe superior a 2.

**Fonte:** IEF (2013)

Por fim, na ZPPC (Zona de Proteção do Patrimônio Cultural) estão as zonas municipais menos permissivas: ZR1 (Zona Rural 1), ZR2 (Zona Rural 2) e ZUE 1 (Zona de Expansão Urbana 1). A ZR1 abrange os limites do Parque Estadual do Sumidouro e está em harmonia com os objetivos de uma UC de proteção integral (Figura 5.18), assim como a ZR2 está em harmonia com o uso sustentável da ZCPC (Figura 5.16). Entretanto, a ZUE 1<sup>103</sup> é conflitante com a ZCPC, já que são proibidos loteamentos com finalidades urbanas e de chácaras de recreios. A ZUE-1 abrange ainda uma UC de proteção integral, o MNE Várzea da Lapa, o qual deveria ser incorporado à zona municipal menos permissiva, a ZR1.

Quanto ao uso do solo, observa-se que as áreas que correspondem ao PESU registraram sensível conversão do “uso agropecuário” para o uso “cobertura vegetal”, fator que corrobora com a eficiência das UCs de proteção integral em contribuir para a conservação das paisagens cársticas. No entanto, conforme abordado no terceiro capítulo, observa-se que a porção centro-sul do município registrou forte conversão dos usos “cobertura vegetal” e “agropecuário” para “área desnuda e outros usos”, o que demonstra a proliferação de equipamentos urbanos no município em questão, sobretudo no que tange ao parcelamento do solo.

<sup>103</sup> A referida zona municipal permite loteamentos de, no mínimo, 500 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.18:** Lagoa do Sumidouro localizada no Parque Estadual do Sumidouro, UC que registrou sensível conversão do uso agropecuário para o uso “coberta Vegetal”.

**Fonte:** IEF (2013).

Constatou-se, no grupo focal, que os dois representantes de Lagoa Santa (Lagoa Santa 1 e 2) concordam que o zoneamento da APA é incompatível com os anseios da gestão municipal. Lagoa Santa 1 argumenta que um distrito industrial foi instalado próximo à LMG 800<sup>104</sup> antes da criação da APA e que, atualmente, a gestão desta UC demanda estudos que tornam morosa a operação e criação de empregos nestas indústrias:

*Porque o ICMBio depois de um tempo começou a normatizar de como daria as autorizações diretas, e a partir daí ele passou a autuar e embargou esse distrito industrial nosso dentro da ZCEAM. Já fizemos EIA RIMA e entregamos para a SUPRAM, mas a SUPRAM não sabe [quando] tem técnico paga julgar. Enquanto isso, Campinas, Viracopos está lá com o aeroporto aberto, recebendo as indústrias, gerando emprego de qualidade, emprego de nível superior e tecnológico, e a gente discutindo aqui se um distrito de 1980 tem que passar por um licenciamento corretivo. (Fala do representante de Lagoa Santa 1 no Grupo Focal que ocorreu no dia 06/07/2017)*

Já o segundo representante de Lagoa Santa (Lagoa Santa 2), além de considerar que a região próxima a LMG800 se configurou em atrativo industrial de

---

<sup>104</sup> Possivelmente este distrito industrial está localizado na atual ZIF (Zona de Interesse Federal).

Lagoa Santa, admite que tanto o antigo como o atual PD estabelecem zonas municipais conflitantes com aquelas que vigoram na APA. O referido representante também destaca a questão da regularização fundiária, sobretudo no distrito Lapinha, o qual possui o uso consolidado, porém conflitante quanto à dimensão real dos lotes diante do que é permitido pelo zoneamento da APA.

Além da questão industrial e do parcelamento do solo, o esgotamento sanitário foi a temática mais destacada pelos representantes de Lagoa Santa, já que grande parte da população do município, apesar de possuir ligação de seus domicílios à rede de esgoto, não aderem à mesma. O representante da COPASA (COPASA 1) ressalta que a adesão é baixa não por falta de rede, mas pela deficiência de recursos financeiros da população para ter acesso à mesma. Ele argumenta que num bairro nobre de Lagoa Santa, com pessoas instruídas, apenas 12% dos domicílios optaram por aderir ao programa de coleta de esgoto sanitário. Já o representante de Lagoa Santa 1 contra-argumentou que a não adesão desta parcela da população se deve ao não tratamento adequado do esgoto por parte da COPASA.

A partir das falas dos representantes de Lagoa Santa, observa-se que os conflitos existentes com o zoneamento da APA têm origem em interesses distintos. Se por um lado o seu zoneamento acarreta conflitos sociais, como as proibições de loteamentos urbanos em parte do distrito da Lapinha (localizado na ZPPC) e a instalação de pequenos empreendimentos (comerciais)<sup>105</sup>, por outro lado inibe a instalação de empreendimentos de grande porte nem sempre de interesse da população<sup>106</sup>. Portanto, a revisão do grau de restrição do zoneamento da APA deve levar em consideração a real relevância social diante do possível impacto ambiental que o uso em questão pode causar. De qualquer modo, observa-se que os representantes de Lagoa Santa vivenciam ou incorporam pressões do mercado imobiliário e dos diversos setores industriais que manifestam interesse de se instalarem na região. Esta postura da administração pública é analisada por Harvey (1996), ao constatar a tendência da transição de um “gerenciamento urbano” para um “empresariamento urbano” adotado pelos municípios no atual estágio do capitalismo:

*O novo empresariamento urbano se caracteriza, então, principalmente pela parceria público-privada tendo como objetivo político e econômico imediato (se bem que, de forma nenhuma exclusivo) muito mais o investimento e o*

---

<sup>105</sup> Pequenos empreendimentos comerciais muitas vezes não possuem recursos para instalação de fossas sépticas, por exemplo.

<sup>106</sup> Muitos destes empreendimentos exigem mão de obra qualificada, a qual comumente é absorvida das grandes cidades, como Belo Horizonte. Além disso, a APA abrange sobretudo a população da zona não parcelada do município, a qual não seria diretamente beneficiada pela instalação destes empreendimentos. Acrescenta-se ainda que a referida população está vulnerável aos impactos ambientais causados pelos empreendimentos instalados no ambiente no qual está inserida.

*desenvolvimento econômico, através de empreendimentos imobiliários pontuais e acumulativos do que a melhoria das condições em um âmbito específico. (HARVEY, 1996, p. 53)*

Logo, nota-se que os representantes de Lagoa Santa enxergam no zoneamento da APA uma barreira ao desenvolvimento econômico do município, o qual deixa de atrair empreendimentos devido às restrições da referida o UC.

De modo geral, observa-se que as zonas municipais, as quais permitem a instalação de empreendimentos de grande porte (ZIF, ZEP, ZUE-2), estão em conflito com os objetivos da ZCEAM e da ZCPD. A ZUE-1<sup>107</sup>, embora menos permissiva, também consiste numa zona municipal que está em conflito com ZCPC ao permitir loteamentos urbanos<sup>108</sup>. Se por um lado a instalação de loteamentos urbanos com a finalidade comercial e de empreendimentos de grande porte possuem alto potencial degradador e poluidor, por outro os loteamentos urbanos já instalados no distrito Lapinha (o qual abrange parte da ZUE-1) têm seu potencial degradador amenizado a partir do momento em que um lote tem sido historicamente ocupado pela mesma família. Diante deste contexto, observa-se o grande desafio de ponderar a função social da propriedade, já que o meio ambiente não se restringe à vulnerabilidade do carste.

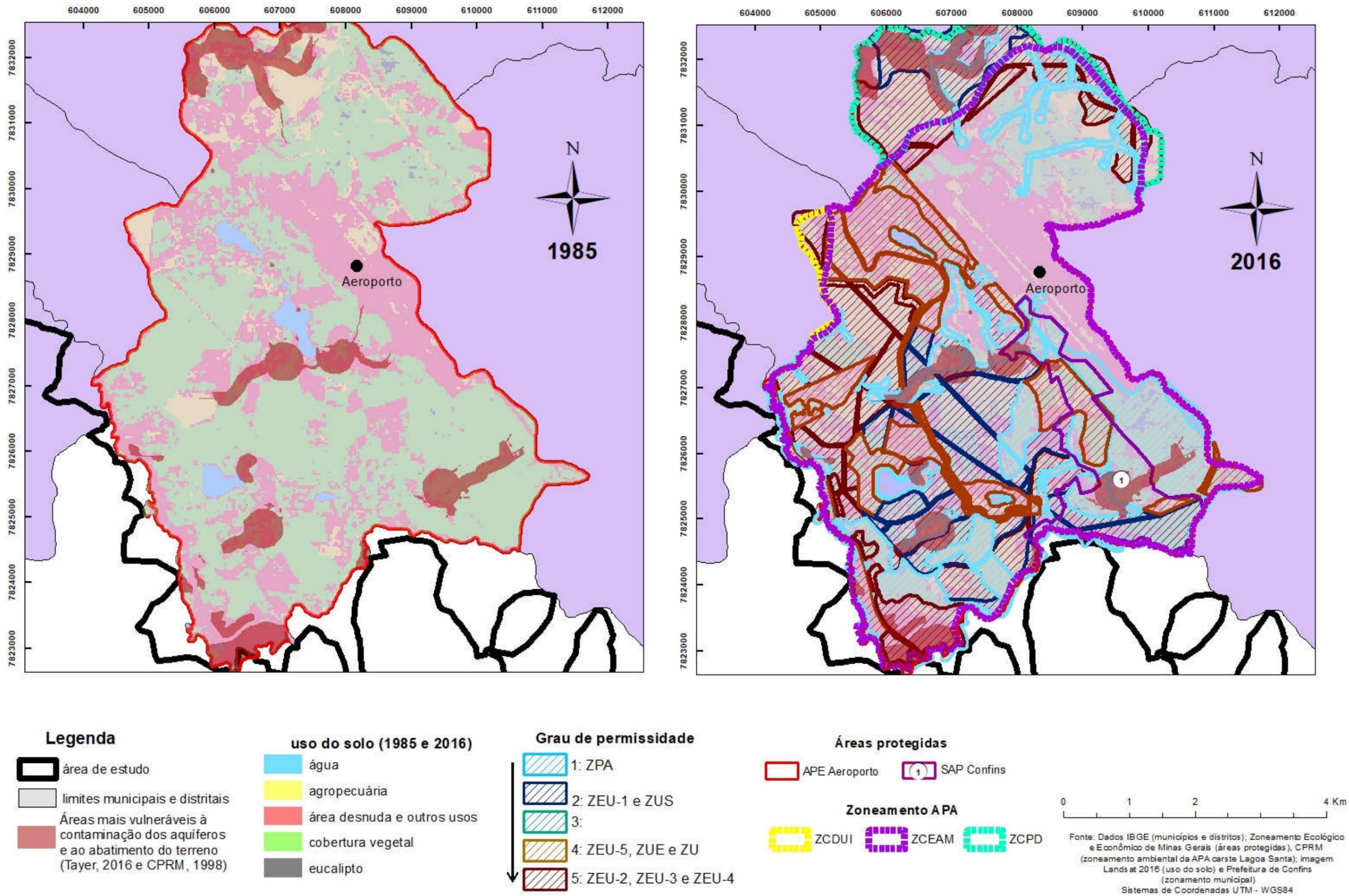
## **5.5) CONFINS**

O zoneamento municipal de Confins foi obtido através da Secretaria de Obras do Município. Embora o zoneamento disponibilizado esteja incompleto (não abrange a totalidade do município, a exemplo do Aeroporto Tancredo Neves) (Figura 5.19), foi possível se ter uma boa perspectiva acerca do planejamento urbano/ambiental do município (Figura 5.20). Se em 1986 o território de Confins contava apenas com a APE aeroporto como instrumento de planejamento, atualmente, o referido Município está inteiramente contemplado pelo zoneamento da APA, pelo zoneamento municipal e pelo SAP Confins (Figura 5.19).

---

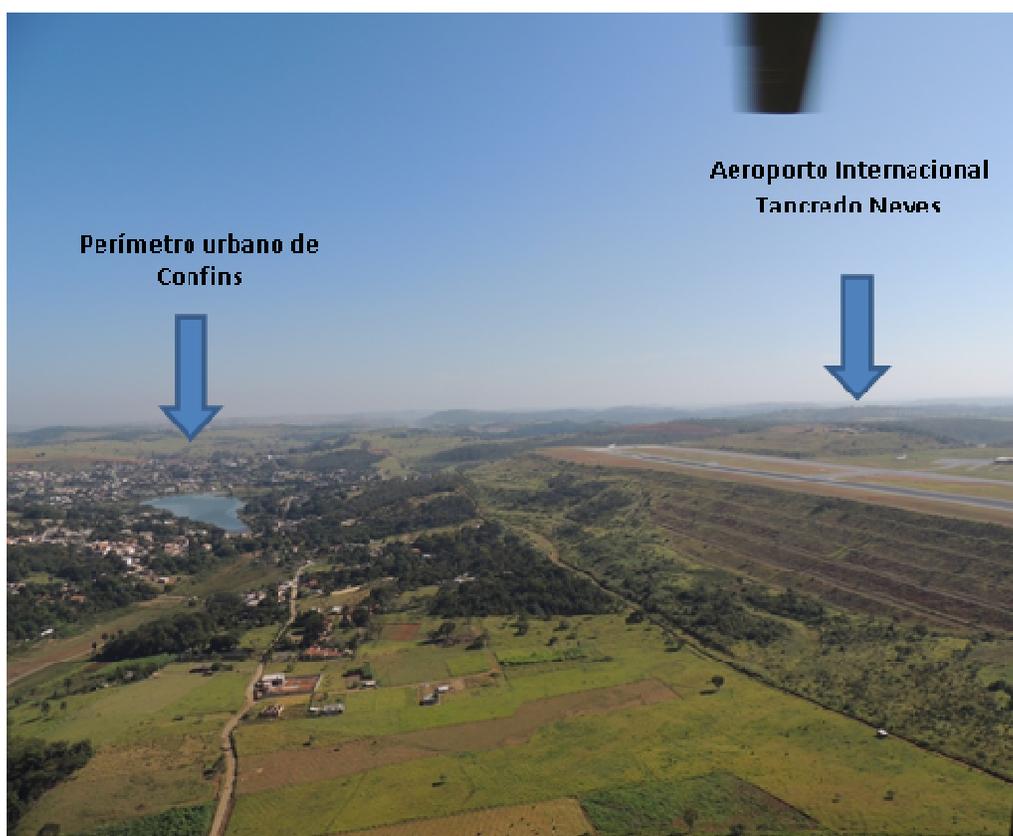
<sup>107</sup> O maior conflito da ZUE-1 consiste em sobrepor o Monumento Natural Estadual Várzea da Lapa, uma UC de proteção integral (Figura 4.19)

<sup>108</sup> A ZCPC proíbe o “parcelamento do solo destinado a loteamentos, com finalidades urbanas e chácaras de recreio”.



**Figura 5.19:** O primeiro mapa ilustra a realidade do uso e ocupação do solo, a vulnerabilidade do e o único instrumento de planejamento (APE Aeroporto no município de Confins) em 1985. O segundo mapa ilustra a multiplicidade de instrumentos nos âmbitos federal, estadual e municipal, os quais se revelaram ineficientes no controle do uso do solo mapeado em 2016.

Sob o ponto de vista da APA Carste, o município está quase totalmente abrangido pela ZCEAM, já descrita na seção anterior (Figuras 5.2 e 5.19), e apresenta em seu interior as seguintes zonas municipais: ZPA (Zona de Proteção Ambiental), ZEU 1 (Zona Urbana de Expansão 1), ZUS (Zona de Uso Sustentável), ZU (Zona Urbana), ZEU 5 (Zona de Expansão Urbana 5), ZUE (Zona Urbana Especial), ZEU 2 (Zona Urbana de Expansão 2), ZUE 3 (Zona de Expansão Urbana 3) e ZEU 4 (Zona de Expansão Urbana 4). As três últimas zonas são as mais permissivas e abrangem áreas de alta vulnerabilidade do carste, sobretudo na porção sul do município (Figura 5.19), estabelecendo conflito com a ZCEAM, a qual proíbe a expansão “... do perímetro urbano sobre áreas de alta vulnerabilidade geotécnica e à poluição dos aquíferos onde se observarem conjuntos de ocorrências ambientais” (CPRM, 1998).



**Figura 5.20:** Foto aérea que mostra a posição do perímetro urbano de Confins em relação ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves.

**Fonte:** IEF (2013)

Já a ZEU-5 e a ZUE, apesar de não permitirem indústrias de grande porte, incentivam a instalação de empresas e usos dependentes de acessos rodoviárias, os quais podem ocasionar a disposição inadequada de efluentes ou resíduos mencionados como usos proibidos na ZCEAM. Além disso, a ZEU-5 abrange parte do SAP Confins (Figura

5.19), uma área protegida a ser decretada como UC, quando usos mais permissivos não serão mais admitidos. Portanto, apesar da Lei Complementar nº12/2009 não especificar maiores detalhes que tornem as referidas zonas incompatíveis à ZCEAM, estas merecem atenção especial, notadamente pelo fato da ZEU-5 estar sobreposta a uma futura UC. As demais zonas municipais que apresentam grau de permissividade 1 e 2 não apresentam conflitos com a ZCEAM. No entanto, parte da ZUS também abrange parte do SAP Confins (Figura 5.19), em claro conflito com a referida área de planejamento estadual.

A pequena porção da ZCDUI que abrange a porção oeste do município de Confins está sobreposta à ZEU-3, a qual possui grau de permissividade 5 (Figura 5.19). A tipologia de indústria a ser instalada nesta zona deve estar de acordo com os critérios estabelecidos pela ZCDUI. A ZEU-3 também abrange parte da ZCPD, localizada na porção norte do município (Figura 5.19). Neste caso o conflito é mais explícito, já que no plano de manejo da APA os usos industriais com potencial poluidor são proibidos na ZCPD. Por fim, a ZUS também abrange parte da ZCPD (Figura 5.19) e está em harmonia com os usos permitidos, tolerados e proibidos da APA.

Ao analisarmos a evolução do uso do solo do município de Confins se constata que grande parte do território abrangido por cobertura vegetal, agora tem como classe predominante a “área desnuda e outros usos” em razão da expansão do tecido urbano de Belo Horizonte. Esta constatação é corroborada pela fala dos representantes de Confins no grupo focal, sobretudo na fala do representante Confins 1 ao enfatizar a vocação do Município e de todo o Vetor Norte:

*Para mim a principal vocação do Vetor Norte, por uma exclusão até dos demais vetores da capital, é a questão de parcelamento do solo. A RMBH vai crescer inexoravelmente para lá. Primeiro porque tem topografia; segundo porque tem possibilidades de infraestrutura, com anel viário, com alongamento da LMG 0800 até a BR 040, uma linha férrea que pode facilitar o acesso à capital. Então a vocação da região é a questão da urbanização, parcelamento do solo. Segundo, são empresas de logística que o aeroporto necessita delas. Nós temos recebido, no município de Confins, uma série de estudos complementares para construção de galpões que estão ligados à estrutura do aeroporto. A terceira questão é do artesanato, do turismo de negócios e estudos. Nós temos dois grandes santuários. Tem uma vocação grande para isso. E a indústria de alta tecnologia, que ali tem toda vocação para esse tipo de indústria, além de poder se constituir em um grande cluster universitário, porque uma coisa puxa a outra. (Fala do representante de Confins 1 no grupo focal realizado em dia 06/07/2017)*

Apesar de reconhecer a importância ambiental do Município, os representantes de Confins ressaltam a dificuldade da administração municipal perante um município que se localiza, inteiramente, na APA carste de Lagoa Santa, e no qual a metade de seu território é constituída pelo Aeroporto Internacional Tancredo Neves e áreas de preservação (grutas, lagoas, etc). Ainda foi admitido pelo representante de Confins (Confins 1) que o plano diretor

nunca foi aplicado ou cumprido, pois ele existe somente para cumprir uma obrigação junto ao Ministério Público. A fala do referido ator é consoante com as diversas tentativas em obter o zoneamento municipal junto à prefeitura, já que a Secretaria de Meio Ambiente desconhecia a existência do zoneamento municipal e o mesmo foi disponibilizado pela Secretaria de Obras, a qual não soube informar o ano exato dos arquivos disponibilizados. Além disso, Confins 2 reconhece a necessidade de revisão do último documento referente ao zoneamento municipal de 2009, já que muitas mudanças ocorreram no município, dentre elas o boom de crescimento e a crise econômica.

A experiência da gestão municipal de Confins perante a negligência na utilização do PD levanta questões sobre os motivos que levam a inefetividade destes instrumentos. Não há participação da gestão municipal no momento da elaboração do zoneamento? A gestão municipal, através das diretrizes do PD, não é capaz de conter a rápida evolução do uso do solo? Não há corpo técnico em quantidade e qualidade para a aplicação do instrumento? Embora estas questões não possam ser aqui respondidas, a reflexão é válida para que se possa aprimorar os referidos instrumentos.

## **5.6) ESPACIALIZAÇÃO E SÍNTESE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E PRESSÕES SOB O SISTEMA CÁRSTICO DE LAGOA SANTA**

As políticas nacionais de meio ambiente, urbana e de recursos hídricos possuem diretrizes que convergem para a proteção de paisagens cársticas (Quadro 4.1). Dentre os instrumentos analisados, destacaram-se os PDs do Estatuto da Cidade, os quais possuem mais medidas protetivas para o carste, quando comparados aos demais instrumentos (Quadro 4.1). Entretanto, ao analisarmos os PDs da área de estudo, constata-se que são eles os mais permissivos, quando comparados aos demais instrumentos analisados (Quadro 5.2 e Figura 5.21).

Cabe ressaltar que os municípios de Prudente de Moraes e Funilândia não possuem PDs, apesar de estarem situados em áreas de alta vulnerabilidade natural (Figura 5.21). Por outro lado, os demais municípios que apresentam PDs não respeitam as diretrizes do zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa, elaboradas em função da vulnerabilidade do carste, assim como negligenciam as diretrizes do Estatuto da Cidade<sup>109</sup>.

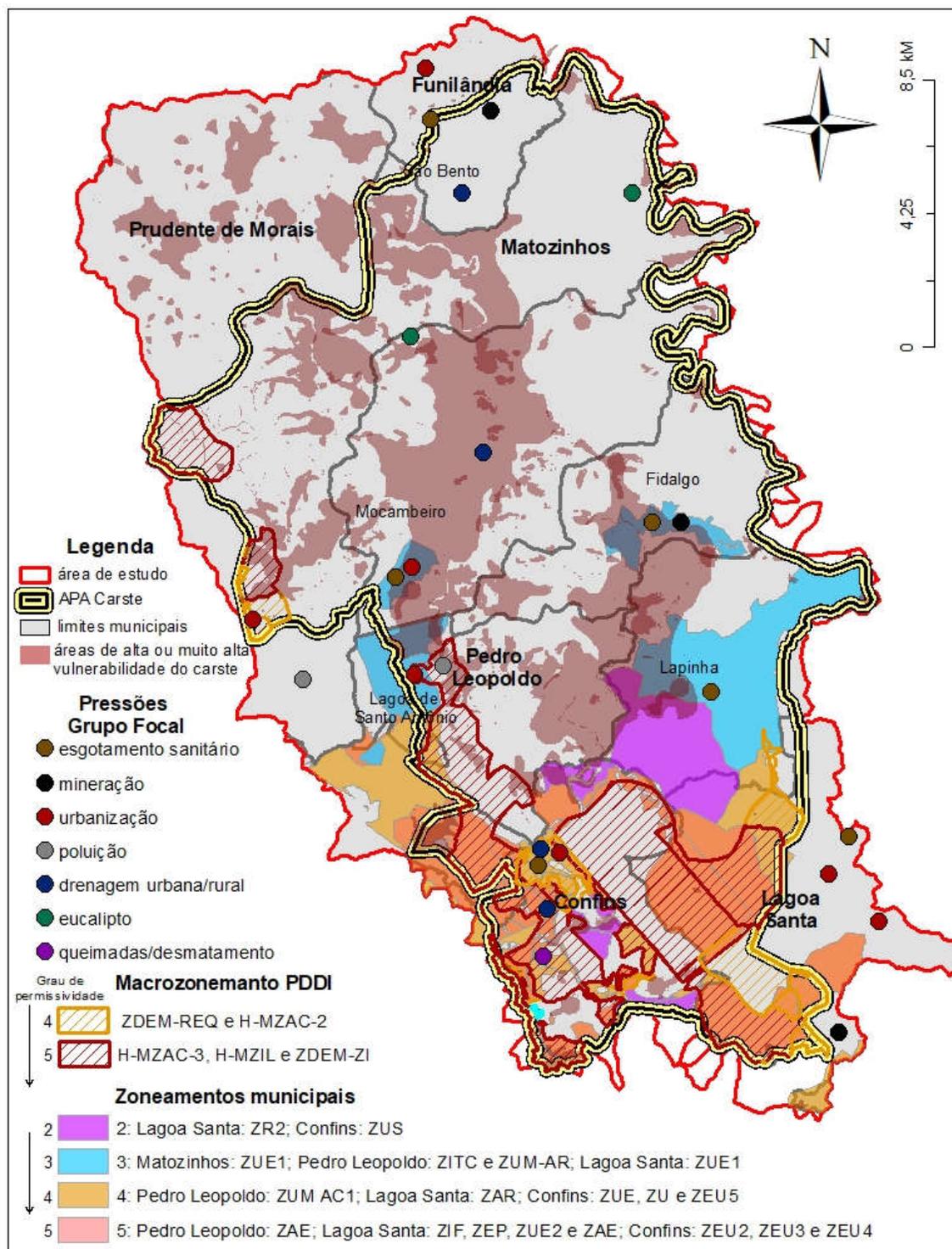
---

<sup>109</sup> Exceto Matozinhos, o qual teve o seu zoneamento elaborado antes da instituição do Estatuto da Cidade.

**Quadro 5.2:** Zonas conflitantes com a APA Carste de Lagoa Santa, com as UCs estaduais e com as áreas de alta ou muita alta vulnerabilidade do carste.

Zonas conflitantes	Ucs estaduais	APA	Conflito do planejamento	Conflito do uso	Área de alta vulnerabilidade
ZUE-1 (Mocambeiros)	APE	ZCDUI	Loteamento (360m2)	Saneamento e loteamentos irregulares	sim
ZAE (Pedro Leopoldo)	APE	ZCDUI	Mineração/empreendimentos de grande porte	Mineração/empreendimentos de grande porte	não
ZUM AC1 (Pedro Leopoldo)	APE	ZCDUI	Loteamentos (360m2)	Loteamentos em expansão	não
ZUM AR (Lagoa de Sto. Antônio)	APE	ZCDUI	Loteamentos (450m2)	Loteamentos em expansão e saneamento	não
ZUITC (Fidalgo)	Zona de amortecimento PE do Sumidouro	ZPPC	Loteamentos (450 m2)	Mineração, indústria, loteamento e saneamento	sim
ZEP (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM	Empreendimentos de grande porte	Indústrias e grandes empreendimentos	sim
ZIF (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM e ZCPD	Loteamentos (360 m2) e empreendimentos de grande porte	Empreendimentos de grande porte	sim
ZUE-2 (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM e ZCPD	Empreendimentos de grande porte	Loteamentos em expansão	não
ZAR (Lagoa Santa)	APE	ZCPD	Loteamento (360 m2) e uso multifamiliar	Não visualizado	sim
ZUE-1 (Lapinha)	APE, Várzea da Lapa e zona de amortecimento do PE do Sumidouro	ZCPD e ZCPC	Loteamento (500 m2)	Loteamentos/saneamento	sim
ZR-2 (Lapinha)	APE e PE do Sumidouro	ZCPD	Usos incompatíveis com a proteção integração de Ucs	Agropecuária	sim
ZEU-2 (Confins)	APE	ZCEAM	Permite usos industriais, loteamento (360 m2)	Agropecuária e coberta vegetal	sim
ZEU-3 (Confins)	APE	ZCEAM, ZDUI e ZCPD	Permite usos industriais	Agropecuária e cobertura vegetal	sim
ZEU-4 (Confins)	APE	ZCEAM	Permite empreendimentos de grande porte	Agropecuária e cobertura vegetal	sim
ZEU-5 (Confins)	APE e SAP Confins	ZCEAM	Instalação de empresas dependentes de usos rodoviários	Agropecuária e cobertura vegetal e empreendimentos de grande porte	sim
ZUE (Confins)	APE	ZCEAM	Instalação de empresas dependentes de usos rodoviários	Rodovias	sim

ZUS (Confins)	APE e SAP Confins	ZCEAM	Usos incompatíveis com a proteção integração de Ucs	Agropecuária e cobertura vegetal, drenagem rural	sim
ZU (Confins)	APE		Não há especificações no PD	Loteamentos irregulares, saneamento, drenagem urbana	sim
ZDEM-ZIL (Matozinhos)	APE	ZCDUI	Permite a instalação de indústrias de médio e grande porte	Não visualizado	sim
HMZIL (Matozinhos)	APE	ZCDUI	Permite a instalação de indústrias de médio e grande porte	Mineração e indústria de grande porte	sim
M-ZAC2 (Matozinhos)	APE	ZCDUI	Permite loteamentos de 360m2	Urbanização de alta densidade, abatimento em escola	sim
HMZIL (Pedro Leopoldo)	APE	ZCDUI	Permite a instalação de indústrias de médio e grande porte	Mineração e indústrias de grande porte, saneamento (Lagoa de Santo Antônio)	sim
HMZIL (Confins)	APE e SAP Confins	ZCEAM e ZCDUI	Permite a instalação de indústrias de médio e grande porte	Mineração e indústrias de grande porte, saneamento e loteamentos	sim
MZAC-2 (Confins)	APE e SAP Confins	ZCEAM	Permite loteamentos de 360m2	Urbanização de média/alta densidade e saneamento precário	sim
MZAC-3 (Confins)	APE e SAP Confins	ZCEAM	Permite ocupação de alta intensidade	Agropecuária e grandes empreendimentos (aeroporto)	sim
HMZIL (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM	Permite a instalação de indústrias de médio e grande porte	Mineração e indústrias de grande porte	não
MZAC-2 (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM	Permite loteamentos de 360m2	Urbanização de média/alta densidade, mineração e empreendimentos de grande porte	não
ZDEM-Requalificação Urbana (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM	Informações não encontradas	Urbanização de alta densidade, grandes empreendimentos	não
MZAC-3 (Lagoa Santa)	APE	ZCEAM	Permite ocupação de alta intensidade	Aeroporto Internacional Tancredo Neves	sim



**Figura 5.21:** Zonas municipais e as macrozonas do PDDI em que vigora conflito com o zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa ou com as UCs estaduais. Observe que o mapa ainda representa as áreas de alta fragilidade do carste (vulnerabilidade do aquífero e propensão a ocorrência de colapsos) e as principais pressões abordadas pelo grupo focal.

O município de Matozinhos se destaca por apresentar somente uma zona que está em conflito com a APA e com a vulnerabilidade do carste, a ZUE-1 (Quadro 4.3; Figura 4.24). A referida zona está localizada no distrito de Mocambeiro, apontado no grupo focal como área que apresenta graves pressões antrópicas, sobretudo no que tange ao esgotamento sanitário e ao parcelamento de lotes. Já Pedro Leopoldo possui quatro zonas conflitantes, nas quais foram destacadas pelo grupo focal as pressões antrópicas localizadas nos distritos de Fidalgo e Lagoa de Santo Antônio. No primeiro distrito destacam-se a mineração irregular e a utilização de fossas rudimentares, já no segundo a disposição inadequada do esgotamento coletado e urbanização de alta densidade. Apesar de recentemente revisado, o zoneamento municipal de Pedro Leopoldo continua apresentando zonas conflitantes com os objetivos da APA, provavelmente devido à proliferação de usos inadequados, tais como o adensamento urbano e a instalação de grandes empreendimentos.

Confins e Lagoa Santa são os municípios que concentram maior número de zonas em conflito com a APA e com as UCs estaduais. Praticamente todo o território de Confins apresenta zonas conflitantes. Entretanto, a análise do uso das referidas zonas constata que a maioria está associada a usos agropecuários e cobertura vegetal (Quadro 4.3). A dificuldade de acesso aos arquivos referentes às zonas municipais de Confins junto às secretarias municipais, assim como o relato do representante do município ao longo do grupo focal<sup>110</sup>, demonstram que as referidas zonas não têm sido utilizadas para realizar a gestão do território. Tal fato é preocupante ao fragilizar as decisões municipais, tornando-as pouco fundamentadas e vulneráveis às pressões políticas e econômicas. O Município possui uma série de pressões pontuais, relatadas ao longo do grupo focal, tais como: ausência de coleta e tratamento de esgoto, problemas de drenagem urbana e rural, queimadas, desmatamentos e expansão imobiliária (Figura 4.24). Por outro lado, Lagoa Santa possui o seu planejamento cada vez mais pautado na instalação de empreendimentos de grande porte e de loteamentos (Quadro 4.3; Figura 4.24). O referido município mais uma vez adota zonas que não estão em consonância com o zoneamento da APA, inclusive prevê a instalação de loteamentos e grandes empreendimentos em áreas cujo uso atual é composto por agropecuária e cobertura vegetal. Além disso, o município continua tendo uma gama de pressões antrópicas, como: expansão imobiliária, indústrias e mineração de grande porte e esgotamento sanitário precário (Quadro 4.3; Figura 4.24).

O PDDI, assim como os PDs municipais, pode ser considerado um instrumento da Política Urbana que norteia a gestão territorial no âmbito das regiões metropolitanas. O PDDI da RMBH estabeleceu ZIMs (Zonas de Interesse Metropolitano), nas quais os

---

<sup>110</sup> O representante de Confins relatou que o zoneamento não é utilizado pelo município.

interesses da região prevalecem sobre o interesse local. A área de estudo é abrangida pelas ZIM Vetor Norte e ZIM MG-424. A primeira ZIM, apesar de reconhecer a necessidade de se proteger o meio ambiente “associada à vulnerabilidade ambiental de várias porções da APA Carste, da APE do Aeroporto e outras unidades de conservação ali localizadas”, também considera que é uma “região de forte expansão de investimentos associados aos projetos do governo estadual relacionados ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves - AITN (como, por exemplo, o Aeroporto Industrial, os novos terminais e a Aerotrópolis), ao Plano Macroestrutural do Vetor Norte e ao Master Plan Econômico da RMBH”<sup>111</sup> (UFMG, 2014). Já a ZIM MG-424 se caracteriza por ser o eixo de expansão “do vetor norte impulsionado por grandes investimentos na região e pela ligação com a centralidade de Sete Lagoas” (UFMG, 2014).

A partir das diretrizes das referidas ZIMs foram delimitadas macrozonas e zonas da RMBH, as quais nortearão a gestão do território. Para este trabalho, foram consideradas somente as zonas e macrozonas localizadas no interior da APA Carste de Lagoa Santa<sup>112</sup>. As referidas zonas, assim como as zonas municipais, foram classificadas de acordo com o seu grau de permissividade para o carste, baseando-se em seus parâmetros urbanísticos (vide critérios do Quadro 5.1). Portanto, ao analisarmos a Figura 5.21 observa-se que ZDEM-REQ (Zona de Diretrizes Especiais Metropolitanas de Requalificação), H-MZAC-2 (Macrozona de Atividades Complementares – 2), HMZAC-3 (Macrozona de Atividades Complementares – 3), H-MZIL (Macrozona de Indústria e Logística) e ZDEM-ZIL (Zona de Diretrizes Especiais Metropolitanas de Indústria e Logísticas) são incompatíveis com os objetivos do zoneamento da APA e com a vulnerabilidade do carste por apresentarem alto grau de permissividade (Quadro 5.1; Figura 5.21). O macrozoneamento reforça os interesses municipais de Lagoa Santa, de Confins e do Estado de Minas Gerais em instalar empreendimentos de grande porte e expandir loteamentos nos municípios que abrigam o Aeroporto Internacional Tancredo Neves localizados próximos à Belo Horizonte (Quadro 5.2). Estimula ainda os usos mais permissivos (loteamentos e indústrias de grande porte) em áreas altamente vulneráveis nos municípios de Pedro Leopoldo e Matozinhos (Quadro 5.2; Figura 5.21).

A principal legislação que estabelece diretrizes para PMs de APAs (Art. 9º da Lei 6.902/1981) abarca somente duas medidas protetivas dos sistemas cársticos (Quadro 4.1). O Plano de Manejo da APA é o principal instrumento voltado para a efetivação de uma

---

<sup>111</sup> Os projetos Masterplan econômico e Aerotrópolis se vinculam à antiga SEDE (Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais) e estão inativos desde a mudança do governo do PSDB para o governo do PT (a SEDE foi transformada em SEEDIF, em 2016).

<sup>112</sup> Apesar dos limites da área de estudo desta pesquisa ultrapassarem os limites da APA, a área localizada para além dos limites desta UC não contém informações acerca da vulnerabilidade do carste, tampouco abarca outras áreas protegidas que seriam conflitantes com as zonas municipais e com as macrozonas da RMBH.

gestão sustentável de seu território ao considerar, inclusive, as fragilidades dos sistemas cársticos. Apesar disso, conforme já abordado nas seções anteriores, tanto a APA Carste de Lagoa Santa quanto as UCs estaduais não cumprem seus objetivos diante das pressões político-econômicas vivenciadas pelo Vetor Norte. A APA Carste de Lagoa Santa tem vivenciado, historicamente, tanto pressões antrópicas quanto planejamentos municipais e metropolitanos divergentes em relação aos seus objetivos. Diante deste contexto, esta UC perde efetividade e a revisão de seu plano de manejo poderá criar zonas mais permissíveis e danosas aos sistemas cársticos. A mesma situação ocorre com as UCs estaduais, sobretudo as UCs do SAP Vetor Norte ainda não criadas, e com a APE Aeroporto. O representante do IEF (IEF 1), que representa o órgão estadual responsável pelas UCs do Estado de Minas Gerais, defendeu no grupo focal a ideia de que as áreas do SAP são ambientalmente menos relevantes quando comparadas às áreas de dimensões maiores, como o Parque Nacional da Serra do Cipó<sup>113</sup>. Acredita ele que a APE deveria ser extinta e suas diretrizes incorporadas ao futuro plano de manejo da APA Carste de Lagoa Santa, fato que julgamos pouco provável, uma vez que a tendência da revisão do plano de manejo da APA é favorecer as permissividades frente às pressões.

A UTE Carste (Unidade Territorial Estratégica do Carste) representa o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas na área de estudo. Embora o PNRH contemple três medidas protetivas em consonância com as peculiaridades do carste, a exemplo do controle da poluição (Quadro 4.1), a UTE Carste apoia a gestão do território em função dos recursos hídricos e não, necessariamente, como instrumento que viabiliza a execução do planejamento territorial da área de estudo. Portanto, o seu principal objetivo é *“fomentar a gestão compartilhada, descentralizada e participativa, promovendo o debate das questões hídricas a nível regional”* (CBH Rio das Velhas, 2015). Na área de estudo, a UTE Carste participa sistematicamente de reuniões inerentes à gestão territorial da área de estudo, a exemplo dos Conselhos da APA, bem como promove importantes projetos de educação ambientais, como o “Projeto Rede Asas do Carste”.

Os EIAS e a legislação pertinente às cavidades naturais, embora não tenham sido aqui analisados, nos permitem inferir que tanto as áreas cársticas e o patrimônio espeleológico da região de Lagoa Santa estão cada vez mais vulneráveis às pressões antrópicas. Esta inferência se fundamenta nas análises quantitativas referentes à pressões antrópicas<sup>114</sup> e na análise documental dos referidos instrumentos (efetivada no capítulo anterior).

---

<sup>113</sup> Como abordado no segundo capítulo desta tese, áreas de recarga direta (tais como dolinas) são áreas de grande relevância ambiental e não abarcam grandes dimensões.

<sup>114</sup> Empreendimentos analisados no terceiro capítulo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos procedimentos metodológicos aqui adotados na análise integrada de dimensões transversais à proteção de paisagens cársticas (*sistemas cársticos; pressões antrópicas; instrumentos de planejamento; práticas de gestão*), procurou-se responder às questões formuladas e anunciadas no início desta tese, bem como discorrer acerca das hipóteses que a fundamenta.

Acredita-se que a primeira questão formulada – “*Os instrumentos das políticas públicas inerentes aos planejamentos urbano e ambiental elaborados pelo poder federal são suficientes para nortear a gestão de paisagens cársticas brasileiras em função de suas peculiaridades naturais?*” – foi respondida no quarto capítulo deste trabalho, notadamente mediante análise das diretrizes de instrumentos de planejamento inerentes às políticas urbana, de meio ambiente e de recursos hídricos. Utilizando-se de análise documental, constatou-se que as diretrizes para elaboração de PDs do Estatuto da Cidade são aquelas que mais abarcaram medidas protetivas das paisagens cársticas por considerarem suas peculiaridades. Entretanto, apesar do avanço da referida política urbana frente às questões ambientais, os PDs da área de estudo, sobretudo daqueles municípios localizados próximos à Belo Horizonte<sup>115</sup>, não incorporaram as diretrizes do referido Estatuto e, inclusive, estabelecem zonas municipais conflitantes com as zonas da APA Carste de Lagoa Santa<sup>116</sup>. Por outro lado, a legislação inerente às cavidades naturais subterrâneas, que a princípio aparenta conter elementos inerentes à conservação de paisagens cársticas, surpreende ao permitir a supressão de feições que desempenham papel relevante na recarga pontual de sistemas cársticos, a exemplo das cavernas. Conclui-se, portanto, que as legislações inerentes aos planejamentos urbano e ambiental elaborados pelo poder federal são deficitárias ao nortear a gestão de paisagens cársticas brasileiras, seja pelos instrumentos que não incorporam as referidas diretrizes, seja pela negligência da legislação inerente às cavidades naturais subterrâneas, o principal aparato legal que se aproxima à temática do carste, ao permitir a supressão de cavernas mediante compensação.

Responder à segunda questão – “*A multiplicidade dos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental, os quais abrangem as escalas regional, municipal e local constituem obstáculo para a gestão da região do Carste de Lagoa Santa?*” – exigiu três grupamentos de análises, postos em diálogo; são eles: a evolução das pressões antrópicas;

---

<sup>115</sup> Lagoa Santa, Confins e Pedro Leopoldo.

<sup>116</sup> Principal instrumento da área de estudo que tem como fundamento as peculiaridades do carste.

a análise documental dos instrumentos de planejamento que vigoram na área investigada; o tratamento das informações veiculadas em grupo focal de atores/gestores que atuam no território do Carste de Lagoa Santa. Mediante minha experiência como analista ambiental do IEF e da fala destes atores, foi reconhecida e caracterizada a multiplicidade dos instrumentos de planejamento analisados, os quais se revelaram um obstáculo para a gestão municipal, a qual lida diretamente com as pressões do uso do solo:

*As regras são diferentes, os parâmetros são diferentes, as instituições são diferentes. A opinião da gente que vê a gestão do município não é diminuir rigor, mas diminuir o número de regras e unificar as coisas para que as pessoas saibam o que estão fazendo. (Representante de Pedro Leopoldo 1, grupo focal realizado no dia 06/07/2017)*

No entanto, durante a efetivação do grupo focal, observou-se que a multiplicidade de instrumentos é reflexo de projetos desenvolvimentistas, os quais, ao longo do tempo, estabeleceram “medidas compensatórias”, tais como o PE do Sumidouro, a APE Aeroporto e a APA Carste de Lagoa Santa, criados em função dos impactos decorrentes da implementação do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, na década de 1980, e o SAP Vetor Norte, criado em função dos impactos decorrentes da implementação da Linha Verde e da Cidade Administrativa de Minas Gerais, no final dos anos 2000. As referidas unidades de planejamento, cujo objetivo é a proteção ambiental, tornaram-se frágeis diante das pressões do uso do solo estimuladas pela expansão do tecido urbano de Belo Horizonte. Zoneamentos municipais e metropolitanos diante do desafio de lidar com a dualidade proteção ambiental e desenvolvimento econômico, optaram por um planejamento de cunho desenvolvimentista. Diante do exposto, pode-se considerar que a **multiplicidade** dos instrumentos de planejamentos urbano e ambiental constitui **obstáculo** à gestão da região do Carste de Lagoa Santa. Contudo, a **desarticulação** dos referidos instrumentos é proveniente de planejamentos municipais e metropolitanos, os quais convergem para um zoneamento fundamentado no uso do solo em detrimento do prévio planejamento da APA carste e das UCs estaduais.

A terceira questão – “Apesar de transcorridos trinta e oito anos desde a emergência das regulamentações, que fundamentam as gestões territorial e ambiental em função das fragilidades naturais da região do carste de Lagoa Santa, tais instrumentos jurídicos têm sido resistentes às pressões antrópicas fruto da intensificação do uso do solo da região?” – teve seu ensaio de resposta construído mediante análise espaço-temporal das pressões antrópicas, dos instrumentos de planejamento vigentes na área de estudo, da análise de conteúdo do grupo focal, bem como da literatura especializada eferente aos planejamentos urbano e ambiental. A evolução espaço-temporal do uso do solo permitiu visualizar e

quantificar o aumento dos usos mais permissivos, os quais estão relacionados ao processo de urbanização<sup>117</sup>. Constatou-se que instrumentos de caráter protetivo, como o zoneamento da APA Carste Lagoa Santa, têm sido pouco efetivos na contenção de pressões antrópicas potencialmente nocivas às paisagens cársticas. No terceiro capítulo, que trata da evolução espaço-temporal das pressões antrópicas, comprova que de 2007 a 2016 o ritmo de crescimento das pressões antrópicas registrou redução, em razão, ao que parece, das crises econômicas ocorridas neste período e da implementação de UCs, como o Parque Estadual do Sumidouro<sup>118</sup>. Este parque foi responsável por sutil evolução da cobertura vegetal. De qualquer modo, através da análise de conteúdo do grupo focal, foi verificado que grande parte dos atores<sup>119</sup> almeja uma flexibilização dos instrumentos protetivos, já que tanto os interesses da gestão municipal quanto do desenvolvimento da RMBH são favoráveis à instalação de grandes empreendimentos na região. Neste contexto, ao que tudo indica os instrumentos de planejamento de caráter protetivo, a exemplo da APA Carste, tendem a ser flexibilizados em função das pressões antrópicas já instaladas em seu território e daquelas pressões político-econômicas. Estas últimas visam à ampliação do tecido urbano de Belo Horizonte sob o estímulo de projetos governamentais, como a ampliação do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, a implementação da Linha Verde e da Cidade Administrativa de Minas Gerais. Diante do exposto, as regulamentações que fundamentam as gestões territorial e ambiental em função das fragilidades naturais da região do carste de Lagoa Santa têm sido permissivas aos interesses e pressões políticas e econômicas que têm motivado a intensificação do uso do solo da região.

Ao se resgatarem as hipóteses deste trabalho (*“A crescente emergência e a multiplicidade dos diversos instrumentos de planejamento territorial configuram-se como um obstáculo para a gestão em áreas cársticas”*, *“A referida multiplicidade, apesar da evolução das políticas públicas de cunho territorial no que tange às questões ambientais, favorecem a instalação de usos degradantes aos sistemas cársticos, diante da expansão do tecido urbano da RMBH”*), julgamos terem elas acompanhado e subsidiado os ensaios aqui construídos no esforço de se responder às questões de investigação já postas. A crescente emergência e multiplicidade dos diversos instrumentos de planejamento territorial se configuram como obstáculo à gestão de áreas cársticas. Todavia, a segunda hipótese, ao atribuir o favorecimento da instalação de usos degradantes aos sistemas cársticos à multiplicidade dos instrumentos de planejamento, nos parece equivocada. Como abordado no terceiro capítulo, as pressões do uso do solo cresceram no tempo e no espaço a

---

<sup>117</sup> Destaca-se a expansão de loteamentos, mineração e indústria.

<sup>118</sup> Apesar de ter sido criado em 1980, o PESU foi implementado somente em 2007.

<sup>119</sup> Destaca-se os representantes de Lagoa Santa e Confins, que consistem nos municípios mais próximos à Belo Horizonte.

despeito de planejamentos mais conservacionistas vigentes, como o zoneamento da APA Carste de Lagoa Santa. A implementação destas pressões não foi necessariamente motivada pela multiplicidade e consequente desarticulação dos instrumentos de planejamento e gestão, já que aqueles instrumentos de cunho conservacionista foram paulatinamente negligenciados à medida em que se multiplicavam e agravavam tais pressões. Estas foram, em última instância, proliferadas mediante implementação de infraestruturas de interesse do Governo do Estado de Minas Gerais, com destaque para as ampliações do aeroporto internacional e do complexo rodoviário na região.

SOUZA (2003) diferencia os conceitos de planejamento e gestão. O primeiro é conceituado como “...planejar sempre remete ao futuro, significa tentar prever a evolução de um fenômeno... com o objetivo de precaver-se contra possíveis problemas ou, inversamente, com o feito de tirar partido de prováveis benefícios”, já a gestão “... significa administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos presentemente disponíveis e tendo em vista as necessidades imediatas”. Com referência a esta perspectiva do autor, conclui-se que as práticas de uma gestão imediata imperam sobre as práticas de uma gestão fundamentada no planejamento. Esta constatação é alarmante, tendo em vista que as pressões antrópicas muitas vezes estão situadas em áreas de alta vulnerabilidade do carste; tal imediatismo pode superar o planejamento e acarretar danos humanos e materiais irreversíveis.

Com relação às futuras mudanças no planejamento urbano e ambiental da área investigada, a revisão do plano de manejo da APA Carste de Lagoa Santa, ao que tudo indica, tornará seu zoneamento mais flexível às pressões antrópicas ao se adaptar aos zoneamentos urbano e metropolitano. As áreas protegidas do SAP Vetor Norte, ainda não decretadas, tendem a ser abandonadas pelo estado, já que desde 2013 nenhuma nova UC foi criada. A APE aeroporto poderá perder o seu poder jurídico na medida em que o IEF considera que sua proteção poderá ser assegurada pelas normatizações da APA Carste de Lagoa Santa. Essas tendências foram constatadas naquelas falas dos atores que participaram do grupo focal, os quais, em sua maioria, consideram o zoneamento da APA subjetivo e ultrapassado. Cabe salientar que a flexibilização dos instrumentos de cunho conservacionista frente às pressões antrópicas pode acarretar sérios danos ambientais.

A revisão do plano de manejo da APA nos parece válida, desde que sejam a ele incorporados novos estudos de caráter hidrogeológico capazes de definir novo desenho para as áreas mais vulneráveis do carste. A integração da APE à gestão da APA Carste de Lagoa Santa nos parece ambientalmente coerente, desde que a revisão do plano de manejo da APA incorpore os objetivos da referida área protegida. Entretanto, diante da multiplicidade das pressões elucidadas ao longo deste estudo, teme-se que a revisão e integração dos

instrumentos de planejamento legitime a proliferação de usos degradantes da paisagem cárstica em questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALT, L. R. (2008). **Efetividade sócio-ambiental da APA Carste de Lagoa Santa-MG: uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão.** 243 f; Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG.
- ALVES, J. E. D. (2005). **Harmonização das variáveis de domicílios dos censos demográficos de 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000.** - Rio de Janeiro: Escola Nacional de Ciências Estatísticas, 2005. 41p.
- AMADO, J. (2000). **A técnica de análise de conteúdo.** Revista Referência, n.º5, p.53-63.
- ANA – Agência Nacional das Águas (2011). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Informe 2011. Brasília: ANA, 112p.
- AULER, A.S (1994). **Hydrogeological and hydrochemical characterization of the Matozinhos-Pedro Leopoldo karst, Brazil.** Thesis (Master of Science) – Faculty of the Department of Geography and Geology, Western Kentucky, 110 f.
- BERBET-BORN, M. (2010). Instrução normativa MMA 2/09 - método de classificação do grau relevância de cavernas aplicado ao licenciamento ambiental: Uma prática possível? **Revista Espeleo-Tema.** Campinas/SP, v. 21, n. 1, p. 67-103.
- BRAGA, R. (1995). Plano diretor municipal: três questões para discussão. **Caderno de Planejamento do Departamento.** UNESP. Presidente Prudente, p. 15-20.
- BRAGA, L. T. P. (2013). **Recarga do tipo Localizada em Ambiente Semi-árido: Estudo de Caso em duas Dolinas da Bacia do rio Verde Grande, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte.
- BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Aguas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm). Acessado em 10/06/2016.
- BRASIL. **Constituição da República do Estados Unidos do Brasil de 1934.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao34.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao34.htm). Acessado em: 15/06/2016.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 289 de 28 de fevereiro de 1967.** Cria o Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=3354>. Acessado em: 18/06/2016.
- BRASIL. **Lei nº 6.662, de 25 de junho de 1979-a.** Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências. (Revogada pela Lei nº 12.787, de 2013). Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6662.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6662.htm). Acessado em: 25/05/2016.
- BRASIL. **Decreto nº 84.017 de 21 de setembro de 1979-b.** Aprova o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/D84017.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D84017.htm). Acessado em: 30/05/2016.

- BRASIL. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981-a.** Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6902.htm). Acessado em: 09/06/2016.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981-b.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acessado em: 09/06/2016.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- BRASIL. **Decreto nº 98.881, de 25 de janeiro de 1990-a.** Dispõe sobre a criação de área de proteção ambiental no Estado de Minas Gerais, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=3225>. Acessado em: 05/06/2016
- BRASIL. **Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990-b.** Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D99556.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm). Acessado em: 01/03/2016.
- BRASIL. **Decreto nº 1.876 de 25 de abril de 1996.** Altera o art. 3º do Decreto nº 98.881, de 25 de janeiro de 1990, que dispõe sobre a Criação de Área de Proteção Ambiental no Estado de Minas Gerais. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1996/decreto-1876-25-abril-1996-426299-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acessado em: 02/07/2017.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm). Acessado em: 01/06/2016.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000-a.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm). Acessado em: 05/06/2016
- BRASIL. **Lei nº 1.065, de 27 de dezembro de 2000-b.** Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L10165.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10165.htm). Acessado em: 01/06/2016
- BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais para a política urbana e dá outras providências. Diário Oficial, Atos do Poder Legislativo. Brasília: Diário Oficial da União.

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm).  
Acessado em: 03/06/2016.

BRASIL. **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: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm).  
Acessado em: 03/06/2016.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007-a.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acessado em: 15/06/2016.

BRASIL. **Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007-b.** Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; altera as Leis nos 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, 11.284, de 2 de março de 2006, 9.985, de 18 de julho de 2000, 10.410, de 11 de janeiro de 2002, 11.156, de 29 de julho de 2005, 11.357, de 19 de outubro de 2006, e 7.957, de 20 de dezembro de 1989; revoga dispositivos da Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, e da Medida Provisória nº 2.216-37, de 31 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11516.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11516.htm). Acessado em: 18/06/2016.

BRASIL. **Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008.** Dá nova redação aos Arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os Arts. 5ª e 5B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm).  
Acessado em: 07/07/2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acessado em: 08/07/2016.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011.** Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília: Diário Oficial da União, 2011. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LCP/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm). Acessado em 08/07/2016.

BRASIL. **Proposta de emenda constitucional nº 65 de 2012.** Acrescenta o § 7º ao art. 225 da Constituição, para assegurar a continuidade de obra pública após a concessão da licença ambiental. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/109736>. Acessado em: 12/08/2016.

- BRITTO, A. L. (2011). Saneamento ambiental nos planos diretores municipais. In: **Os Planos Diretores Municipais Pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas**. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Cidades: IPPUR/UFRJ, p. 127-153.
- CABRAL, J. (1998). Zoneamento Geotécnico e Aptidão dos Terrenos. **Zoneamento ambiental da APA Carste de Lagoa Santa**. Belo Horizonte, CPRM/IBAMA. (Série APA Carste de Lagoa Santa).
- CAMARGOS, R.M.F. (2004). **Nascimento da APA Sul-RMBH: o poder da polêmica**. In: Acselrad, H. (org.). *Conflitos ambientais no Brasil*. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll/Relume Dumará.
- CARNEIRO, E.J. (2005). **A oligarquização da “política ambiental” mineira**. In: Zhouri, A; Laschefski, K.; Pereira, D. (orgs.). *A insustentável leveza da política ambiental*. Belo Horizonte: Autêntica.
- CAVALCANTI, P. A. (2007). **Sistematizando e comparando os enfoques de avaliação e de análise de políticas públicas: uma contribuição para a área educacional**. 289 f; Tese (Doutorado em Educação) – Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- CBHVELHAS (2015). **Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte**. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Belo Horizonte, 233 p.
- CHAVEZ JR, P.S (1988). **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data**. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 24, n. ?, p. 459-479.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). A morfologia cárstica. In **Geomorfologia**. 2º ed. Editora Blucher, São Paulo.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 17, de 29 de maio de 2001**. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [www.cnrh.gov.br](http://www.cnrh.gov.br). Acessado em 08/07/2016.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº 145, de 12 de dezembro de 2012**. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2012. Disponível em: [www.cnrh.gov.br](http://www.cnrh.gov.br). Acessado em 08/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 09 de 24 de janeiro de 1986-a**. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=32>. Acessado em 08/08/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 001 de 17 de fevereiro de 1986-b**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf). Acessado em 08/07/2016.

- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 005 de 06 de agosto de 1987.** Dispõe sobre o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, e dá outras Providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=56>. Acessado em 08/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº10 de 14 de dezembro de 1988.** Dispõe sobre a regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental-APAs. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=74>. Acessado em 08/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 010 de 06 de dezembro de 1990.** Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1990\\_010.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1990_010.pdf). Acessado em 29/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 237 de 22 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acessado em 01/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 347 de 13 de setembro de 2004.** Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>. Acessado em 06/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 396 de 07 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acessado em 01/07/2016.
- CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 428 de 17 de dezembro de 2010.** Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>. Acessado em 2/07/2016.
- COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais. **Deliberação Normativa nº 74 de 09 de setembro de 2004.** Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.igam.mg.gov.br/images/TR\\_outorga/dn\\_copam\\_74-04%20empreendimentos%20poluidores.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/TR_outorga/dn_copam_74-04%20empreendimentos%20poluidores.pdf). Acessado em: 25/05/2016.

- COPASA (2017) – Informações sobre saneamento atualizadas, fornecidas por funcionário da COPASA através de telefone.
- CONFINS (1999). **Lei complementar nº 002 de 30 de dezembro de 1999**. Institui o Plano Diretor do Município de Confins. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/central.php>. Acessado em: 01 de agosto de 2017.
- CONFINS (2009). **Lei Complementar Municipal nº 012, de 25/05/2009**. Dispõe sobre a revisão da Lei Complementar nº 002/99, que institui o Plano Diretor de Confins. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/central.php>. Acessado em: 01 de agosto de 2017.
- COSTA, WD; e SILVA, A.B. (2008) Hidrogeologia dos Meios Cársticos In: **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, [Recife]: UFPE, LABHID, 812 p.
- COSTA, H. S. M.; CAMPANTE, A.L.; ARAÚJO, R. P. Z. de. **A dimensão ambiental nos Planos Diretores de municípios brasileiros: um olhar panorâmico sobre a experiência recente**. In: Orlando Alves dos Santos Júnior; Daniel Todtmann Montandon. (Org.). Os Planos Diretores Municipais pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas. 1ed.Rio de Janeiro: Letracapital; Observatório das Metrôpoles; IPPUR/UFRJ, 2011, v. 1, p. 173-217.
- COXON, C. (2011). Agriculture and karst. In van Beynen, P.E. (ed.) **Karst Management**, Springer, Dordrecht, 103-138.
- CPRM - Companhia de pesquisa de recursos minerais – Serviço Geológico do Brasil (1994). **Informações básicas para a gestão territorial**: mapeamento geológico da cidade de Sete Lagoas e imediações com vistas à aplicação no planejamento urbano. Belo Horizonte, v.4, 75p. Projeto VIDA – Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental na Região de Sete Lagoas – Lagoa Santa/MG.
- CPRM - Companhia de pesquisa de recursos minerais – Serviço Geológico do Brasil (1998a). **APA Carste de Lagoa Santa**: meio físico. Belo Horizonte, 253p.
- CPRM - Companhia de pesquisa de recursos minerais – Serviço Geológico do Brasil (1998b). **APA Carste de Lagoa Santa**: zoneamento ambiental. Belo Horizonte, 73p.
- CPRM - Companhia de pesquisa de recursos minerais – Serviço Geológico do Brasil (1998c). **APA Carste de Lagoa Santa**: gestão ambiental. Belo Horizonte, 40p.
- CRUZ NETO, O.; MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. (2002). **Grupos focais e pesquisa social qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação**. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS. 13., ABEP, Ouro Preto.
- CUTTER, S. L. (1996). Vulnerability to Environmental Hazards. **Progress in Human Geography** 20(4):529–39.
- DALLABRIDA, V. R. (2007): “A gestão territorial através do diálogo e da participação”, in Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona**, vol. XI, nº. 245 (20).
- DALY, D.; DASSARGUES, A.; DREW, D.; DUNNE, S.; GOLDSCHIEDER, N.; NEALE, S.; POPESCU, I. C.; ZWAHLEN F. (2002). Main concepts of the “European approach” to

- karst-groundwater vulnerability assessment and mapping. **Hidrogeology Journal**, 10: 340-345.
- DeBAUN, D. (2010). **Karst Conservation Is Essential To Protect Our Drinking Water**. *Blog Big Berkey Water Filters*. s.l., s.n. Disponível em: <http://www.bigberkeywaterfilters.com/blog/waterpollution/karst-conservation-is-essential-to-protect-our-drinking-water>. Acessado em 02/09/2016.
- DOUROJEANNI, M. J. (2003). Análise Crítica dos Planos de Manejo de Áreas Protegidas no Brasil. **In: Áreas Protegidas: Conservação no Âmbito do Cone Sul** (A. Bager, ed.). Pelotas, pp. 1-20
- EKMEKÇI, M. (1990). Impact of quarries on karst groundwater systems. In: **Hydrogeological Processes in Karst Terrenes** (Proceedings of the Antalya Symposium and Field Seminar, October 1990). IAHS Publ. n° 207, p. 3-6.
- FABRI, F., P. (2011). **Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional – MG**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 172 p.
- FAUSTINO, J. (1996). **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 90p.
- FIGUEIREDO, L. A. V.; RASTEIRO, M. A., RODRIGUES, P. C. (2010). Legislação para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro: mudanças, conflitos e o papel da sociedade civil. **Revista Espeleo-Tema**. Campinas/SP, v. 21, n. 1, p. 49-65.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. (2007). **Karst Geomorphology and Hydrology**. London: Chapman and Hall.
- GOLDSCHIEDER, N. & DREW, D. (2007). **Methods in Karst Hydrogeology**. Taylor & Francis. International Contributions to Hydrogeology.
- GRAY, M. (2004) **Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature**. Inglaterra: John Wiley e Sons Ltd, 2004. 450p.
- HARDT, R. (2008). Sistema cárstico e impactos antrópicos: considerações sobre o manejo. **Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do estado de São Paulo**. UNESP, Rio Claro/São Paulo, p. 1295-1309.
- HARDT, R.; PINTO, S. A. F. (2009). Carste em Litologias não Carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, p. 99-105.
- HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S. A. F. (2010). O Carste. Produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia Física** (Recife), v. 27, p. 110-124.
- HARVEY, D. 1996. **Do gerenciamento ao empresariamento: a transformação urbana no capitalismo tardio**. *Espaço & Debates*, n. 39, ano XVI. São Paulo, NERU. p. 48-64.
- IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria nº 887 de 15 de junho de 1990**. Disponível em: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/bra13002.pdf>. Acessado em: 15/06/2016

- IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria nº 57 de 05 de junho de 1997. Institui o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV.**
- IBGE - CENSO DEMOGRÁFICO (1980). **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil> . Acesso em: 15 de setembro de 2016.
- IBGE - CENSO DEMOGRÁFICO (1991). **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil> . Acesso em: 15 de setembro de 2016.
- IBGE - CENSO DEMOGRÁFICO (2000). **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil> . Acesso em: 15 de setembro de 2016.
- IBGE - CENSO DEMOGRÁFICO (2010). **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil> . Acesso em: 15 de setembro de 2016.
- KARMANN, I. (2003). Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos.
- KLEIN, A. L. (org.) (2000). **Eugen Warming e o Cerrado Brasileiro: um século depois**. 1.ed., São Paulo: Ed. Unesp.
- KOHLER, H.C.; COUTARD, J.P.; QUEIROZ NETO, J.P (1978). Excursão a região cárstica ao norte de Belo Horizonte. In: Colóquio interdisciplinar francobrasileiro – estudo e cartografia de formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais, 2. **Guia de Excursões**. São Paulo: USP, Instituto de Geografia. p. 28–43.
- KOHLER, H.C. (1989). **Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa, MG**. Tese (Doutoramento em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 113 f.
- LAGOA SANTA (2015). **Projeto de Lei nº 4149 de 05/05/2015**. Institui o Plano Diretor do município de Lagoa Santa, revoga a Lei 2.633, de 10 de outubro de 2006 e da outras providências. Disponível em: [http://www.cmlagoasanta.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Projeto\\_de\\_Lei\\_n\\_4.149-2015\\_-\\_Plano\\_Diretor?cdLocal=2&arquivo={DE370C12-BEAD-ECDA-CEAB-D03CBÉABCEAA}.pdf#search=plano%20diretor](http://www.cmlagoasanta.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Projeto_de_Lei_n_4.149-2015_-_Plano_Diretor?cdLocal=2&arquivo={DE370C12-BEAD-ECDA-CEAB-D03CBÉABCEAA}.pdf#search=plano%20diretor). Acessado em: 01 de junho de 2017
- LEFEBVRE, H. (1999). **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG.
- LUNA FILHO, P. E. de (2007) **Peter Wilhelm Lund: o auge das suas investigações científicas e a razão para o término das suas pesquisas**. Tese (Doutorado em História Social) – Universidade de São Paulo, Departamento de História. São Paulo/SP, 465 f.
- MACHADO, J. R.; ANDRADE, I. B.; PEREIRA, M. C.; SAMPAIO, J. L. D. S.; VELÁSQUEZ, L. N. M. (2016). **Caracterização e levantamento dos empreendimentos localizados no entorno da APA Carste Lagoa Santa/MG**. In: I Simpósio da Bacia Hidrográfica do São Francisco. Juazeiro/BA.

- MAILLARD, P (2014). **Slides da disciplina de Introdução ao Sensoriamento Remoto para a Geografia**. Aula 7 (A classificação de imagens) e Aula 8 (Os pré-processamentos em Sensoriamento Remoto). Curso de Sensoriamento Remoto do programa de Pós-graduação em Geografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. (2003). **Fundamentos de metodologia científica**. 5º Ed. São Paulo: Atlas.
- MATOZINHOS (2000). **Lei 1.614 de 22 de dezembro de 2000**. Dispõe sobre a delimitação da zona urbana de Matozinhos, revogando-se a Lei nº 1.286/92. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/central.php>. Acessado em: 01 de agosto de 2017.
- MENESES, I. C. (2003). **Análise Geossistêmica na Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, MG**. (Dissertação de mestrado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 187f.
- MMA-Ministério do Meio Ambiente (2009-a). **Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental**. Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA, 2009. 90 p. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/dai\\_pnc/\\_arquivos/pnc\\_caderno\\_licenciamento\\_ambiental\\_01\\_76.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/dai_pnc/_arquivos/pnc_caderno_licenciamento_ambiental_01_76.pdf). Acessado em: 10/07/2016.
- MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 02 de 20 de agosto de 2009-b**. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002\\_MMA\\_Comentada.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_Comentada.pdf). Acessado em 15/07/2016.
- MMA-Ministério do Meio Ambiente (2016). **Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/programa-nacional-de-aguas-subterraneas?tmpl=component&print=1>. Acesso em: 15/07/2016.
- MMA-Ministério do Meio Ambiente (2017). **Instrução Normativa nº 02 de 30 de agosto de 2017**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>. Acessado em 15/12/2017.
- MINAS GERAIS (1980). **Decreto nº 20597 de 04 de junho de 1980**. Define área de proteção especial, situada nos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos, para os fins do artigo 13 da lei federal nº 6.766, de 13 de dezembro de 1979. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=1980&num=20597&tipo=dec>. Acessado em: 21/03/2016.
- MINAS GERAIS (2009). **Lei nº 18043 de 23 de janeiro de 2009**. Modifica o Decreto nº 20.597, de 4 de junho de 1980, que define área de proteção especial, situada nos Municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos, para fins do disposto no art. 13 da Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9250>. Acessado em: 21/03/2016.
- MINAS GERAIS (2009). **Resolução Conjunta SEMAD/SEDRO n.º 02, de 16 de julho de 2009**. Identifica Sistema de Áreas Protegidas e as áreas de conectividade a que se refere o Decreto Estadual nº 45.097, de 12 de maio de 2009. Disponível em: <http://ws.mpmg.mp.br/biblio/informa/170712139.htm>. Acessado em 16/04/2017.

- MINAS GERAIS (2017). **Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.zee.mg.gov.br/>. Acessado em: 15/08/2017.
- MONTE-MÓR, R.L. (1994). Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental. In: Santos, M.; Souza, M.A.; Silveira, M.L. (orgs.). **Território, globalização e fragmentação**. São Paulo: Hucitec/Anpur.
- MORAIS, M. S. (2014) **A realidade socioambiental imposta às comunidades locais pela criação e implementação dos parques estaduais do Biribiri e Rio Preto**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte 230 p.
- NICOD, J., JULIAN, M. and ANTHONY, E. (1996). A historical review of man karst relationships: miscellaneous uses of karst and their impact. **Revista di Geografia italiana**. 103, 289-338.
- OLIVEIRA, I. S. D. (2004). **A contribuição do zoneamento ecológico econômico na avaliação do impacto ambiental: bases e propostas metodológicas**. (Dissertação de mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos/SP.
- PAGNOCCHESCHI, B.; BERNARDO, M. Política Ambiental no Brasil. In: **Território, ambiente e políticas públicas espaciais**. p. 101-123 (2006)
- PALMER, A. N. (2009). **Cave Geology**. 2 ed. Kansas, Allen Press 454p.
- PEDRO LEOPOLDO (2016). **Lei nº 3.444, de 16 de setembro de 2016**. Institui o Plano Diretor do Município de Pedro Leopoldo e dá outras providências. Disponível em: <http://www.pedroleopoldo.mg.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor-2016/plano-diretor-3444-2016/view>. Acessado em: 01 de junho de 2017.
- PEREIRA, M.C. (2012). **Aspectos genéticos e morfológicos das cavidades naturais da Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG. 150 f.
- PERES, R. B. (2012). **O Planejamento Regional e Urbano e a Questão Ambiental: Análise da relação entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara e São Carlos, SP**. (Tese de doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 370 f.
- PILÓ, L.B. (1998) **Morfologia cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais**. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo/SP. 269p.
- PILÓ, L. B. (2000) Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V.1, no 1, AGB, p. 88 -102.
- RAVBAR, N. (2007). **The protection of karst waters – a comprehensive slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping**. Postojna – Ljubljana: Carstologica 254p.

- RODRIGUES, P. C. H. (2016). **Dolinas geradas automaticamente na região da APA carste de Lagoa Santa, através de técnicas de sensoriamento remoto**. In: Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas em áreas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado à área piloto da APA Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais. (em andamento, ainda não publicado).
- RUCHKYS, Ú. A. (2007) **Patrimônio e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um Geoparque da UNESCO**. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte 233 p.
- SANTOS, Milton (2002). **Do meio natural ao meio técnico-científico-informacional**. In: A natureza do espaço. São Paulo, Editora: EdUSP.
- SANTOS, R. F. (2007). **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos.
- SANTOS Jr., O.A.; MONTANDON, D. (orgs.) (2011). **Os Planos Diretores Municipais pós-Estatuto da Cidade: balanço crítico e perspectivas**. Rio de Janeiro: Letra Capital/Observatório das Metrópoles/IPPUR/UFRJ.
- SANTOS, J. (2013). ArcGIS 10.1: **Super Análise Hidrológica com Spatial Analyst**. (tutorial). Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2013/05/07/arcgis-10-1-super-analise-hidrologica-com-spatial-analyst/>. Acesso em: 15/05/2016.
- SENRA, J. B. (2014). **Água para todos: avaliação qualitativa do processo de implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos**. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte/MG, 152 f.
- SHARPLES, C. (2002) **Concepts and principles of Geoconservation**. Tasmania: Tasmanian Parks & Wildlife Service website. 81p.
- SHINZATO, E. O (1998). **Carste da área de proteção ambiental de Lagoa Santa (MG) e sua influência na formação dos solos**. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 117 p.
- SILVA, S. M. (2004) **Carstificação em rochas siliciclásticas: estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 142 p.
- SOUZA, M.L. (2003). **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- SOUSA, A. C. A. (2005). A evolução da política ambiental no Brasil do século XX. **Revista achegas.net**. Rio de Janeiro, n° 26. Disponível em: [http://www.achegas.net/numero/vinteeseis/ana\\_sousa\\_26.htm](http://www.achegas.net/numero/vinteeseis/ana_sousa_26.htm). Acessado em: 05/03/2015
- SOUZA, D. E. de (2014). **Aspectos socioambientais e a gestão da APA estadual das águas vertentes**. 260 f., enc. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia.

- TAYER, T. de C. (2016). **Avaliação da vulnerabilidade intrínseca do aquífero cárstico da APA de Lagoa Santa, MG, utilizando o método COP.** Dissertação de mestrado do Programa em Pós Graduação em Geologia – Belo Horizonte, Instituto de Geociências – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- TOLMACHEV, V. & LEONENKO, M. (2011). Experience in collapse risk assessment of building on covered karst landscapes in Russia. In van Beynen, P.E. (ed.) **Karst Management**, Springer, Dordrecht, 75-102.
- TRAVASSOS, L.E.P (2010). **A importância cultural do carste e das cavernas.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 372f..
- TRICART, J. O (1956). karst das vizinhanças setentrionais de Belo Horizonte (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n.4, p.3–20.
- UFMG, CEDEPLAR (2014). Definição das zonas de interesse metropolitano. In: **Plano Metropolitano – macrozoneamento – RMBH.** Belo Horizonte, 114 p.
- VASCONCELOS. A. M. C. (2014). **O criptocarste como interface entre o solo e o substrato rochoso: comparação entre os ambientes siliciclástico e o carbonático na região entre Rodeador e Diamantina – MG.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte 152 p.
- VELÁSQUEZ, L. N. M.; RODRIGUES, P. C. H. (2016). **Mapa das microbacias da região do carste de Lagoa Santa.** Projeto de adequação e implantação de uma rede de monitoramento de águas subterrâneas em áreas com cavidades cársticas da Bacia do Rio São Francisco aplicado à área piloto da APA Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais. (em andamento, ainda não publicado).
- VITAL, M. H. F.(2007) Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276.
- WALKER, P. A. (2011). Ecologia política: onde está a ecologia? In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba/PR, nº 23, p. 83-93, jan./jun. (originalmente publicado em *Progress in Human Geography*, v. 29, n. 1, p. 73-82, 2005. Tradução: Vicente Rosa Alves; Revisão: Júlia Spatuzzi Felmanas).
- WALTHAM, T. B. F.; CULSHAW M. (2005). **Sinkholes and Subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction.** Springer: Berlin, 382p.
- WHITE, W. B. (1988) **Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains.** Oxford University Press, New York, 98 p.
- ZHOURI, A. (2008). Justiça ambiental, diversidade cultural e accountability: desafios para a governança ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Sociais (Impresso)**, v. 23, p. 97-107.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para participação em pesquisa.



### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação na Pesquisa

**Prezado (a) Senhor (a),**

Na condição de pesquisadora, eu, Manuela Corrêa Pereira, realizo pesquisa de doutorado, através do Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências – UFMG, cujo foco central consiste em identificar os conflitos inerentes à sobreposição de instrumentos de gestão territorial na região da APA Carste de Lagoa Santa.

Para tanto, necessito de sua colaboração, enquanto \_\_\_\_\_ no sentido do fornecimento de informações relativas à atuação da sua instituição na área de estudo. Asseguro que a sua participação é totalmente **voluntária**, garantindo-lhe a total liberdade de participar ou não desta pesquisa, informo, ainda, que o seu depoimento ou imagem permanecerá totalmente confidencial, **caso não queira se identificar**, esclarecendo que neste caso o uso das informações fornecidas se dará de forma completamente anônima.

Os materiais e dados coletados serão utilizados para a produção da pesquisa de doutorado cujos resultados serão submetidos à aprovação do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGC-UFMG, apresentados à banca de Defesa de Doutorado e em eventos acadêmicos (nacionais ou internacionais) ou na publicação de artigos em periódicos nacionais ou estrangeiros.

Para sua tranquilidade e resguardo de direitos deixo à disposição os meus contatos, bem como os do orientador do trabalho, para maiores esclarecimentos referentes a essa pesquisa.

**Pesquisadora:**

Manuela Corrêa Pereira – Pós Graduação em Geografia- Instituto de Geociências –  
Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antonio Carlos, 6627 – sala 3056  
Telefone: (31) 984127088  
e-mail: manuelacp1@gmail.com

**Orientador:**

Prof. Dr. Roberto Célio Valadão – Depto. Geografia - Instituto de Geociências –  
Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antonio Carlos, 6627 – sala 315,  
Telefone: (31) 3409-5434  
e-mail: valadaobh@gmail.com

Eu, \_\_\_\_\_ li e  
entendi as informações fornecidas pela pesquisadora e sinto-me esclarecido (a) para  
participar da pesquisa.

Belo Horizonte, 06 de julho de 2017.

---

Assinatura

**Anexo 2: Classificação do grau de permissividade em função dos parâmetros urbanísticos dos municípios de Matozinhos, Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, Confins e do macrozoneamento do PDDI (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado).**

Zona municipal Matozinhos	Breve descrição	Lote mínimo (m2)	Indústria de pequeno	Indústria de médio/grande porte	Uso comercial de médio/grande porte	Ocupação de alta densidade	uso multifamiliar /vertical	Grau de permissividade
ZUP	Zona urbana de preservação	-	não	não	não	não	não	1
ZIE-1	Zona de interesse especial 1	-	não	não	não	não	não	1
ZIE-2	Zona de interesse especial 2	-	não	não	não	não	não	1
ZIE-3	Zona de interesse especial 3	-	não	não	não	não	não	1
ZUR-1	Zona urbana predominantemente residencial -1	-	não	não	não	não	não	2
ZUR-2	Zona urbana predominantemente residencial -2	-	não	não	não	não	não	2
ZUR-3	Zona urbana predominantemente residencial -3	-	não	não	-	-	não	3
ZUR-5	Zona urbana predominantemente residencial -5	-	não	não	não	não	não	2
ZUR-6	Zona urbana predominantemente residencial -6	-	não	não	não	não	não	3
ZEU-1	Zona especial urbana - 1	1000	não	não	não	não	não	2
ZEU-2	Zona especial urbana - 2	360	não	não	-	não	não	4
ZEU-3	Zona especial urbana - 3	450	não	não	-	-	-	3
ZEU-social	Zona especial urbana - social	-	não	não	-	-	-	3
ZEU-industrial	Zona especial urbana - industrial	1000	sim	sim	-	-	não	5
ZUPE-1	Zona de projetos especiais - 1	acordo com a	não	não	-	-	não	3
ZUPE-2	Zona de projetos especiais - 2	parçoes irregu-	não	não	-	-	não	5
ZUPE-3	Zona de projetos especiais - 3	los erosivos ir	não	não	-	-	não	4
ZUE-1	Zona urbana especial - 1	500	não	não	não	não	não	3
ZUE-2	Zona urbana especial - 2	360	não	não	não	não	não	4
ZUM	Zona urbana mista	-	não	não	não	não	sim	4
ZUC	Zona urbana comercial	-	não	não	sim	sim	sim	5
ZUI	Zona urbana industrial	-	sim	sim	-	-	não	5

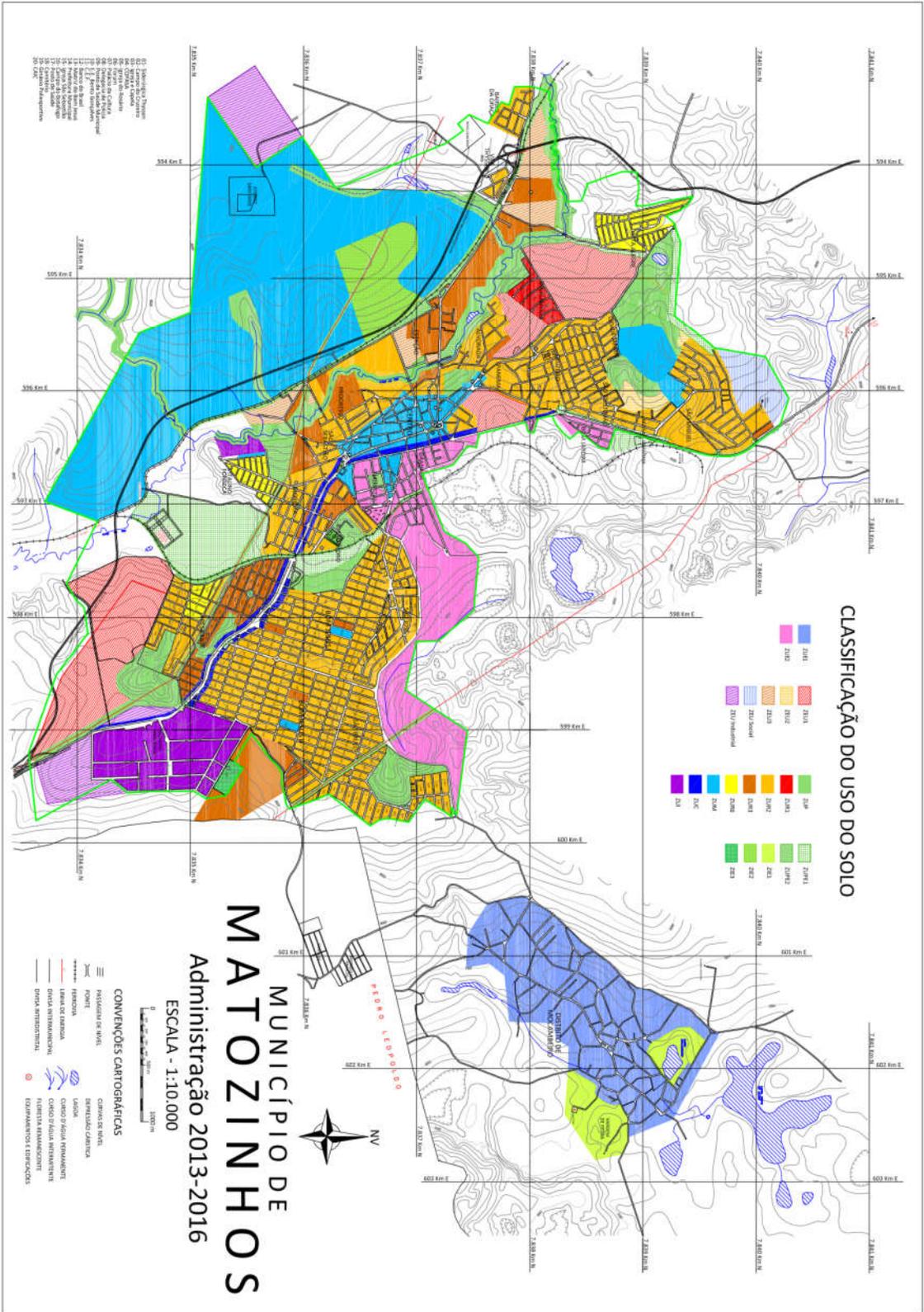
Zona municipal Pedro Leopoldo	Breve descrição	Lote mínimo (m2)	Indústria de pequeno	Indústria de médio/gran de porte	Uso comercial de médio/gran de porte	Ocupação de alta densidade	uso multifamiliar /vertical	Grau de permissividade
ZPA-IT	Zona de proteção ambiental-integral	450	não	não	não	não	não	1
AIUA	Área de interesse urbano-ambiental	-	não	não	não	não	não	1
ZPA-S-1	Zona de proteção ambiental-sustentável-1	-	não	não	não	não	não	2
ZUITC	Zona urbana de interesse turístico cultural	450	não	não	-	-	não	3
AEIC	Área especial de interesse cultural	-	não	não	-	-	não	2
ZUM-AR	Zona de uso misto e adensamento restrito	450	-	-	-	-	não	3
ZUM-AC 1 e 2	Zona de uso misto e adensamento controlado	360	-	-	-	-	-	4
ZEIS 1 e 2	Zona especial de interesse social 1 e 2	200	-	-	-	-	-	5
ZC	Zona central	360	-	-	sim	sim	sim	5
ZUM	Zona urbana mista	360	sim	sim	sim	sim	sim	5
ZAE	Zona de atividade econômica	1000	sim	sim	sim	-	não	5

Zona municipal Lagoa Santa	Breve descrição	Lote mínimo (m2)	Indústria de pequeno	Indústria de médio/gran de porte	Uso comercial de médio/gran de porte	Ocupação de alta densidade	uso multifamiliar /vertical	Grau de permissividade
ZEP	Zona econômica de porte	1000	sim	sim	-	-	não	5
ZIC	Zona de interesse cultural	360	não	não	-	-	sim	4
ZIF	Zona de interesse federal	360	sim	sim	não	não	sim	5
ZUE-1	Zona Urbana Especial - 1	500	não	não	-	-	não	3
ZUE-2	Zona Urbana Especial - 2	1000	sim	sim	-	-	não	5
ZR-1	Zona Rural - 1 (PESU)	-	não	não	não	não	não	1
ZR-2	Zona Rural - 2	20.000	não	não	não	não	não	2
ZAP	Zona de adensamento preferencial	360	não	não	-	-	sim	4
ZCA	Zona consolidada adensada	360	sim	sim	-	-	sim	5
ZAR	Zona de adensamento restrito	360	não	não	-	-	sim	4

Zona municipal Confins	Breve descrição	Lote mínimo (m2)	Indústria de pequeno	Indústria de médio/grande porte	Uso comercial de médio/grande porte	Ocupação de alta densidade	uso multifamiliar /vertical	Grau de permissividade
ZPA	Zona de proteção ambiental	_	não	não	não	não	não	1
ZEU-1	Zona especial urbana - 1	1000	não	não	não	não	não	2
ZEU-2	Zona especial urbana - 2	360	sim	não	_	_	sim	5
ZEU-3	Zona especial urbana - 3	_	sim	sim	_	_	não	5
ZEU-4	Zona especial urbana - 4	_	sim	sim	_		não	5
ZEU-5	Zona especial urbana - 5	_	sim	não	_	_	não	4
ZUS	Zona de uso sustentável	_	_	_	_	_	_	2
ZUE	Zona urbana especial	_	sim	não	_	_	não	4
ZU	Zona urbana	_	_	_	_	_	_	4

Zona PDDI	Lote mínimo (m2)	Indústria de pequeno porte	Indústria de médio/grande porte	uso multifamiliar/verticalizado	Uso comercial de médio/grande porte	Ocupação de alta densidade
MZP1	10000	não	não	não	não	não
MZP2	10000	não	não	não	não	não
MZP3	2500	não	não	não	não	não
MZAC1	500	não	não	não	_	_
MZAC2	360	não	não	não	não	não
MZAC3	_	_	_	_	_	sim
MZDA	500	_	_	_	sim	sim
MZDEI	500	sim	sim	_	sim	_
ZDEM-REQ (requalificação)	_	_	_	_	_	_
ZDEM-MIN (mineração)	_	_	_	_	_	_
ZDEM-IS (Interesse social)	_	_	_	_	_	_
ZDEM-ZIL	_	sim	sim	_	sim	_
ZDEM-GE	_	_	_	_	sim	_

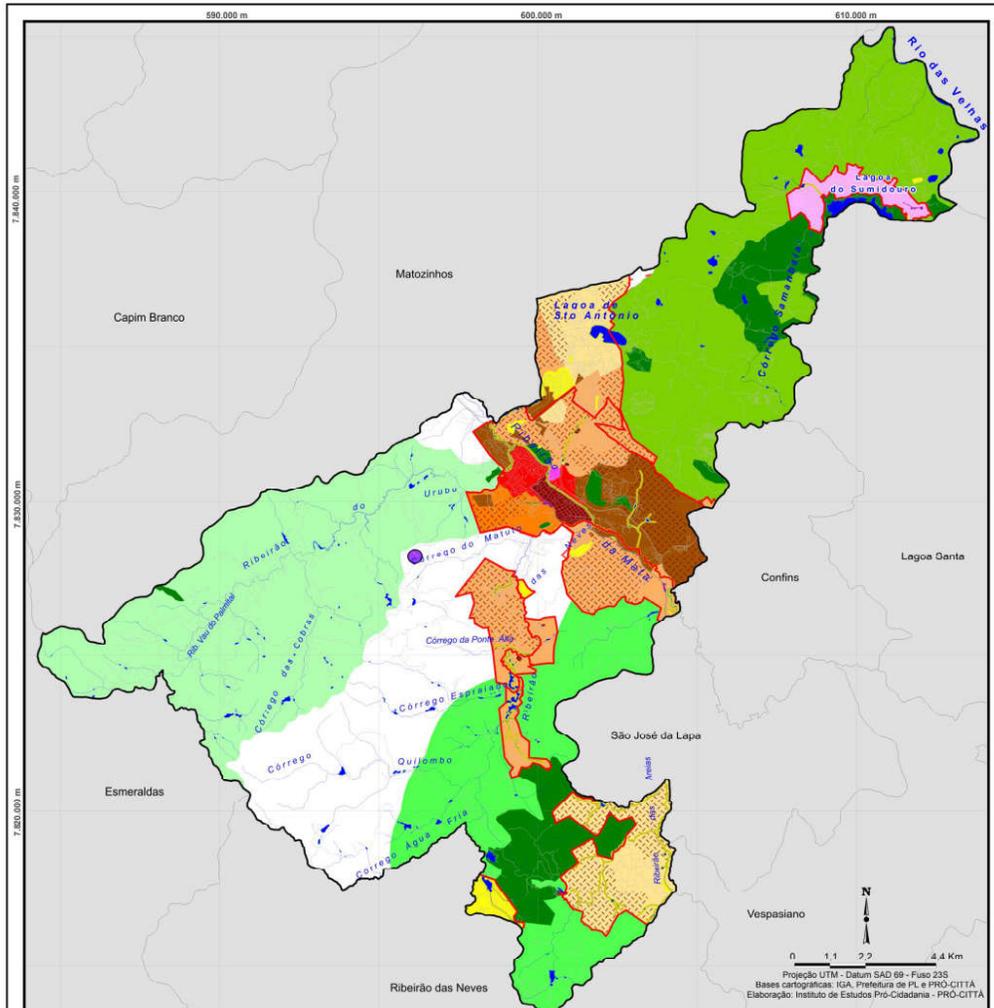
Anexo 3: Zoneamento municipal de Matozinhos.



## Anexo 4: Zoneamento municipal de Pedro Leopoldo.



PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRO LEOPOLDO



Anexo III - Mapa 3 - Zoneamento Urbano e Áreas Especiais de Pedro Leopoldo - MG  
Lei do Plano Diretor

### Zonas Urbanas

- Zona Central (ZC)
- Zona de Uso Misto (ZUM)
- Zona de Uso Misto de Adensamento Controlado I (ZUM - AC I)
- Zona de Uso Misto de Adensamento Controlado II (ZUM - AC II)
- Zona de Uso Misto de Adensamento Restrito (ZUM AR)
- Zona de Atividades Econômicas (ZAE)
- Zona Especial de Interesse Social I (ZEIS I)
- Zona Especial de Interesse Social II (ZEIS II)
- Zona Urbana de Interesse Turístico-Cultural (ZUITC) - (Fidalgo e Quintas)
- Áreas Urbanas em Consolidação

### Zonas Rurais

- Zona Rural (ZR)
- Zona de Proteção Amb. Integral (ZPA IT) (UCI de Proteção Integral)
- Zona de Proteção Ambiental Sustentável I (ZPA SI)
- Zona de Proteção Ambiental Sustentável II (ZPA SII)
- Zona de Proteção Ambiental Sustentável III (ZPA SIII)

### Áreas Especiais

- Área de Interesse Urbanístico Cultural (AIUC) (antiga Fábrica de Tecidos)
- Área de Interesse Cultural (AIC)
- Áreas de Interesse Urbano-Ambiental (AIUA)
- Área Especial de Interesse Cultural Quiombola Pimentel (AECIP)
- Perímetros urbanos

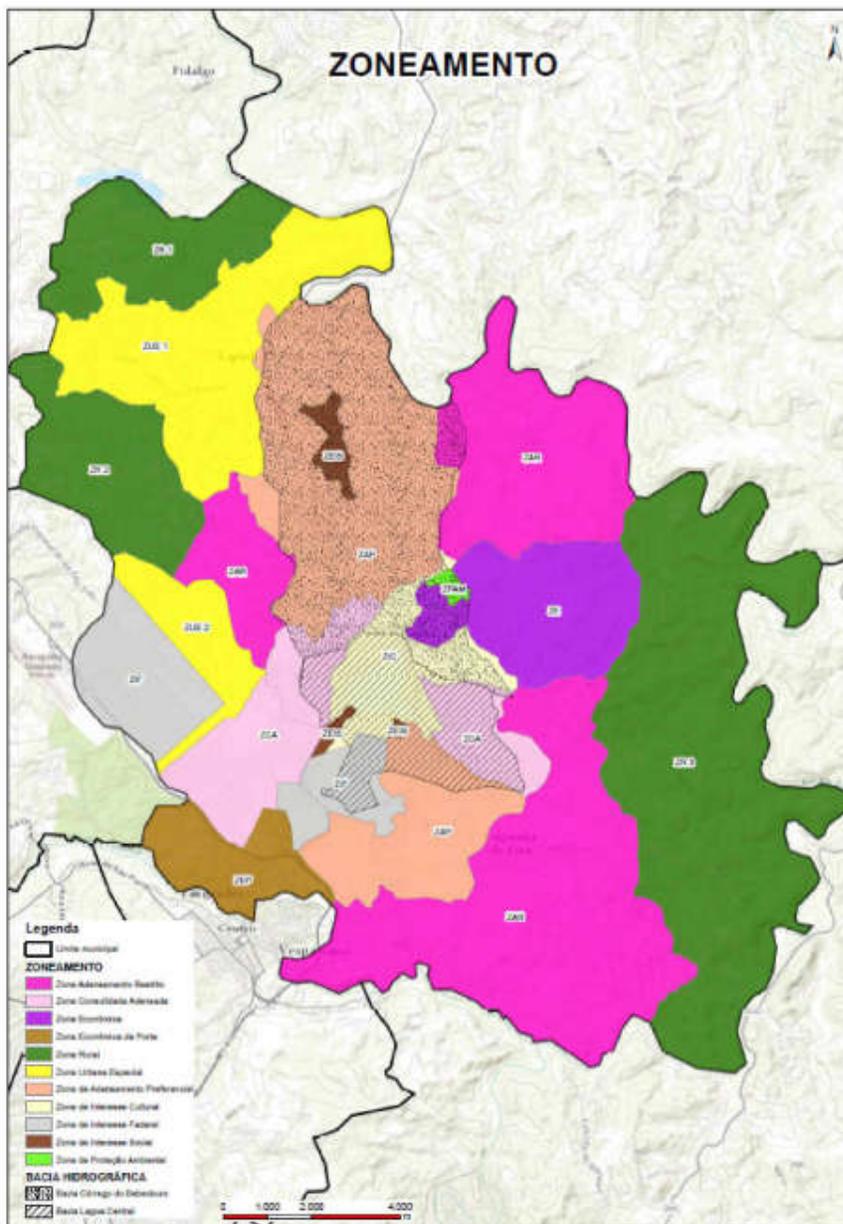
Anexo 5: Zoneamento municipal de Lagoa Santa.



Prefeitura Municipal de Lagoa Santa

Anexo IX

Mapa do Zoneamento



Rua São João, 290, Centro – 33400-000 Lagoa Santa MG.  
Fone: (031) 3688 1300

