

## CONTRADIÇÕES E DESAFIOS PARA A PROTEÇÃO DE MANANCIAIS HÍDRICOS EM MINAS GERAIS – OS CASOS DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO ESPECIAL DE VARGEM DAS FLORES E SERRA AZUL – REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

**Antônio Pereira Magalhães Junior**

Prof. Titular, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil  
[magalhaesufmg@yahoo.com.br](mailto:magalhaesufmg@yahoo.com.br)

**Guilherme Eduardo Macedo Cota**

Graduando em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil  
[guilhermebhmg@hotmail.com](mailto:guilhermebhmg@hotmail.com)

**Rodrigo Silva Lemos**

Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil  
[rslemosbh@gmail.com](mailto:rslemosbh@gmail.com)

*Recebido em: 13/04/16; Aceito em: 06/10/16*

### Resumo

Por meio de investigação dos processos históricos de implantação das Áreas de Proteção Especial (APEs) do manancial do Serra Azul e do manancial Vargem das Flores, situados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, o presente estudo discute as contradições e paradoxos conceituais, legais e operacionais desta categoria de áreas de proteção ambiental em Minas Gerais. O trabalho busca enfatizar a complexidade que estes desafios tem gerado para a efetividade das APEs na proteção de mananciais de abastecimento público de água. A metodologia utiliza de uma análise multitemporal do uso do solo nas duas bacias hidrográficas estudadas, além de fundamentação por revisão legal e normativa relacionada à proteção de mananciais. A partir dos resultados, o trabalho ilustra algumas das limitações e dos desafios das iniciativas de proteção de mananciais em Minas Gerais via implementação de APEs. Constatou-se que o estado de Minas Gerais não possui categorias efetivas na proteção de mananciais para abastecimento humano, dada a ineficiência das APEs como instrumento regulador das pressões humanas nas bacias de contribuição dos mananciais.

**Palavras-chave:** Gestão de Recursos Hídricos; Abastecimento de Água; Planejamento Territorial.

## CONTRADICTIONS AND CHALLENGES FOR WATER SUPPLY SOURCES PROTECTION IN MINAS GERAIS STATE - THE CASE OF THE SPECIAL PROTECTION AREAS OF VARGEM DAS FLORES AND SERRA AZUL - METROPOLITAN REGION OF BELO HORIZONTE

### Abstract

This study discusses the conceptual, legal and operational paradoxes of the Special Protection Areas (SPA) in Minas Gerais through research of historical processes of the Serra Azul and Vargem das Flores public water sources, both located in the metropolitan region of Belo Horizonte. The work seeks to highlight the ineffectiveness of SPAs in protecting the Minas Gerais public water supply sources as well as the issues involved. The methodology uses a multi-temporal analysis of land use in the two watersheds studied, as well as legal review and normative rules related to watershed protection. From the results, the work illustrates some of the limitations and challenges of watershed protection initiatives in Minas Gerais via implementation of SPAs. The state of Minas Gerais has no effective protection categories in the watersheds of public water source, given the inefficiency of the SPA as a regulatory instrument of human pressures in the water sources basins.

**Keywords:** Water resources management; Water supply; Territorial planning.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, principalmente a partir da década de 1970, foram publicados e elaborados diversos marcos normativos e legais com a finalidade de fortalecer as iniciativas de gestão e proteção ambiental, principalmente em áreas de interesse especial e de alta relevância ambiental. Nesse contexto, foi publicada a Lei nº 6.766 de 1979 que define como função dos estados estabelecer, por decreto, as Áreas de Proteção Especial (APEs) voltadas a unidades espaciais de alta relevância para o abastecimento público e para o patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico (BRASIL, 1979).

As APEs teriam como finalidade garantir a qualidade e a manutenção de áreas ambiental e paisagisticamente importantes para a sociedade. Estas áreas, muitas vezes, estão inseridas em contextos de maior pressão ambiental, como o que ocorre em áreas urbanas e peri-urbanas, assim como de intensos usos econômicos com alto grau de rigidez locacional, como é o caso das áreas de mineração. Dessa forma, com a intenção de proteção dos mananciais próximos ao tecido urbano conurbado de Belo Horizonte, foram criadas pelo governo estadual 13 APEs na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Os únicos estados que utilizam a tipologia APE de proteção ambiental são São Paulo e Minas Gerais. São Paulo possui seis Áreas Sob Proteção Especial (ASPEs) que são “[...] destinadas à manutenção da integridade dos ecossistemas locais ameaçados pela ocupação desordenada, tornando necessária a intervenção do poder público.” (SÃO PAULO, 2000, p. 1). Já o estado de Minas Gerais possui dezenove (19) APEs, sendo a maioria (16) para fins de proteção de mananciais e o restante voltado à proteção de áreas naturais com características diversas. Em Minas Gerais, as APEs podem ser consideradas, portanto, como uma tipologia de áreas protegidas com fins prioritários de proteção de mananciais (EUCLYDES, 2011). A legislação, no entanto, não especifica ou caracteriza os instrumentos de gestão ou formas de regulação para a ocupação nas APEs, não disciplina o parcelamento do solo ou mesmo estabelece critérios de uso para as áreas declaradas como especiais.

A situação das APEs mineiras é complexa. Parte dessa complexidade tem origem na instituição, em 2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC –, que, definindo o conceito de unidade de conservação – UC – e dispozo sobre as várias categorias de manejo às quais as áreas protegidas existentes deveriam se enquadrar, não fez menção específica às áreas de proteção de mananciais. (EUCLYDES, 2011, p. 30).

Em 18 de julho de 2000 foi aprovada a Lei 9.985 que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (BRASIL, 2000). O SNUC trouxe avanços conceituais e operacionais para a proteção das Unidades de Conservação (UC) e permitiu um maior controle e organização do Poder Público na gestão das áreas a serem protegidas. O SNUC apresenta modelos de gestão e de uso, concebidos segundo os paradigmas da conservação (unidades de uso sustentável) e da preservação ambiental (unidades de proteção integral). Com o SNUC, as áreas protegidas, inclusive as de abrangência estadual, passaram a ser enquadradas nas categorias do Sistema, viabilizando o emprego de instrumentos e ferramentas de gestão que permitam a proteção de cada UC segundo os propósitos de sua criação.

Entretanto, as APEs não foram contempladas no SNUC, permanecendo sem o apoio dos benefícios do sistema, tais como os planos de manejo e à categorização de cada UC de acordo com seu objetivo. Como consequência, as APEs para proteção de mananciais possuem um aparato normativo próprio, sendo geridas pelo Estado (por meio do órgão ambiental estadual) e com forte participação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Como resultado, criou-se uma superposição de instrumentos de gestão e de regulação territorial: de um lado o SNUC que apresenta um elevado grau de detalhamento e variados instrumentos de gestão associados, e de outro o sistema das APEs que carece de instrumentos de gestão e de manejo.

Ao longo dos últimos anos, a falta de consolidação de instrumentos de gestão gerou várias indefinições para as APEs. Com o intuito de reverter este quadro de descrédito das APEs, a Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013, conhecida como código florestal mineiro e que dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade, revisa a categoria de APE com o objetivo de enquadrá-la em alguma categoria do SNUC. Conforme estabelecido no parágrafo sexto da alínea “e” do inciso II do artigo 43º, da referida lei:

As áreas de Proteção Especial - APEs -, criadas com base na Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, e aquelas instituídas pelos municípios com a finalidade de proteção de mananciais serão reavaliadas, no todo ou em parte, mediante ato normativo do mesmo nível hierárquico que as criou, com o objetivo de promover seu enquadramento nas categorias de Unidade de Conservação previstas nesta Lei (MINAS GERAIS, lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013).

Entretanto, não consta em Lei o prazo para que haja esse enquadramento e nenhuma das 13 (treze) APEs da RMBH foi enquadrada no SNUC, após a publicação da referida Lei. É importante destacar que em vários casos foram criados por instrumentos legais próprios, inclusive em sobreposição às áreas das APEs, várias outras unidades de conservação, de acordo com as tipologias descritas e propostas pelo SNUC.

O presente trabalho buscou discutir e construir reflexões sobre a efetivação do instrumento jurídico da APE como referencial de proteção ambiental para as áreas de mananciais em Minas Gerais, adotando-se os estudos de caso das APEs Serra Azul e Vargem das Flores, localizadas na RMBH (esse segundo manancial é conhecido por dois nomes de igual significado: vargem das flores e várzea das flores; para o artigo foi utilizado o nome que aparece de forma mais recorrente em documentos legais e oficiais, ou seja, Vargem das Flores). A escolha das duas áreas foi motivada pela relevância como mananciais de abastecimento público da RMBH, assim como pela sua diversidade em termos de uso e ocupação do solo. Pretende-se, em termos mais específicos, avaliar como a evolução do uso e ocupação do solo entre 1984 e 2014 foi influenciada pelos instrumentos normativos da APE e das UC no caso dos reservatórios de Serra Azul e Vargem das Flores.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a fundamentação teórica foi realizado estudo bibliográfico referente às áreas de proteção ambiental, em especial documentos técnicos e legais sobre o SNUC e as APEs, bem como as dificuldades de conceituação, delimitação e proteção de mananciais.

Foram realizados trabalhos de campo nas áreas estudadas durante o ano de 2014. As informações, associadas ao tratamento de informações espaciais disponibilizadas em arquivos digitais, foram tratadas no software *ArcGIS 10.2* disponibilizado nos laboratórios de geoprocessamento do Centro Universitário UNI-BH.

As bacias hidrográficas de contribuição para os mananciais (bacias do Ribeirão Serra Azul e do Rio Betim) foram delimitadas a partir da base de dados otocodificada disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Os perímetros das áreas de proteção ambiental foram disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Com a finalidade de entender a evolução de focos de pressão e fragilidades ambientais nas bacias foi realizada a classificação de uso e ocupação do solo para 1984 e 2014. As imagens escolhidas foram disponibilizadas pelo *United States Geological Service* (USGS) no site [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov) e correspondem aos imageamentos dos satélites LANDSAT 5 e LANDSAT 8, respectivamente para 1984 e 2014. Os histogramas dispersos foram gerados utilizando o Software SPRING, versão 5.2.3, licença gratuita e disponibilizado pelo INPE.

Foi realizada a classificação de imagem do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 8, na composição R4G5B3 e R5G6B4, respectivamente. Esta composição em falsa-cor permitiu o destaque das áreas de uso antrópico e das áreas de cobertura natural. Outras composições de cor foram testadas, mas dado o tamanho das bacias hidrográficas trabalhadas e a resolução espacial das imagens utilizadas, considerou-se para a classificação supervisionada e os objetivos do trabalho essa composição de bandas como a mais adequada.

Importante destacar que ocorreram níveis de confusão de classificação considerados pouco significantes percentualmente, mas possivelmente significantes em termos de área, considerando o tamanho reduzido dos dois mananciais trabalhados. Com a finalidade de se obter uma melhor classificação da evolução do uso e ocupação do solo no período analisado, foi realizada a classificação de usos utilizando o método NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), a qual foi comparada visualmente a partir de imagens de alta resolução disponibilizadas pelo software *Google Earth Pro®*, para o ano de 2014 e 2015. O método NDVI permitiu a caracterização da vegetação de acordo com a produção de biomassa, expondo as áreas de maior adensamento florestal. É importante destacar que nas áreas estudadas não foram identificadas extensas áreas de silvicultura, as quais poderiam gerar confusão com as áreas de cultivos arbóreos para corte, como é o caso de eucalipto. A análise visual pela imagem de satélite de alta resolução disponibilizada pelo *Google Earth Pro®*, assim como trabalhos e levantamentos de campo, permitiram um melhor nivelamento e correção da classificação de solo realizada.

Considerando que o nível dos reservatórios varia temporalmente em decorrência da pluviosidade e dos usos da água e do solo, a área correspondente ao reservatório foi retirada da análise devido ao baixo nível dos reservatórios no ano de 2014. Estas áreas de baixo nível d'água aparecem na classificação como solo exposto e podem induzir a erros de interpretação. Retirando-se as áreas dos reservatórios, as áreas das bacias das APEs Serra Azul e Vargem das Flores foram calculadas em 115,48 Km<sup>2</sup> e 255,44 km<sup>2</sup>, respectivamente.

Após a análise visual e a classificação foram finalizados os recortes das imagem classificadas, de acordo com os limites estabelecidos de análise. As informações foram em seguida compartimentadas em dois tipos principais de uso: uso antrópico e cobertura do solo próxima do natural. A cobertura do solo próxima do natural contemplou o mapeamento de áreas vegetadas em diferentes níveis de adensamento. Os usos antrópicos englobaram os usos urbanos, pastagens e usos agrícolas. A mineração, por ter forte rigidez locacional e ainda por sua influência na quantidade de águas, foi mapeada separadamente de modo manual.

Foi realizada ainda um recorte territorial ampliado (885 km<sup>2</sup>) de área próxima as duas áreas de estudo. Esse recorte tinha como finalidade entender uma tendência de alteração de uso e ocupação do solo nas áreas próximas aos mananciais estudados.

## **DESAFIOS CONCEITUAIS E OPERACIONAIS NA PROTEÇÃO DE MANANCIAIS**

O aparato legal de Minas Gerais para a proteção de mananciais visa à consolidação de um modelo de segurança hídrica para fins de abastecimento público das comunidades atuais e futuras. Contudo, é importante considerar que o quadro normativo e as iniciativas de proteção de mananciais dependem do entendimento conceitual de manancial. A literatura apresenta o termo manancial de forma paradoxal, com diferentes abordagens conceituais. De acordo com Freire e Omena (2013, p. 102) “[...] manancial é toda fonte que serve para suprimento de água. O manancial de abastecimento pode ser classificado como superficial ou subterrâneo”. Como exemplo de concepção totalmente diferente, Guerra e Guerra (2008) consideram manancial como sinônimo de nascente. As múltiplas definições permitem diferentes interpretações quanto à implantação de instrumentos e ações de proteção e regulação de usos dos mananciais.

De forma recorrente, o conceito de manancial é entendido como um conjunto de águas passíveis de uso, considerando de forma independente as águas subterrâneas e as águas superficiais. Assim, mananciais superficiais e subterrâneos podem coexistir simultaneamente em uma mesma área. No caso das águas superficiais, a bacia hidrográfica é uma unidade lógica e de importante relevância para a apreensão dos diversos usos humanos e os seus impactos na qualidade das águas. No caso das águas subterrâneas, a delimitação de

manancial é mais complexa, sendo necessário o entendimento hidrogeológico do comportamento das zonas de recarga e dos tipos de aquíferos associados. Nesta dissociação entre mananciais superficiais e subterrâneos, corre-se o risco do não reconhecimento da relação sistêmica direta entre ambos. É importante (re)construir um conceito de manancial que possa ser entendido de forma a contemplar a complexidade dos processos hidrológicos e hidrogeológicos associados.

A dinâmica temporal entre causas (atividades e ações humanas) e efeitos (impactos na quantidade e na qualidade das águas) permite uma melhor concepção de unidade espacial a ser considerada para a proteção de um manancial. Os usos do solo e das águas geram resultados diretos e indiretos na disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, como é o caso do lançamento de efluentes não tratados ou tratados inadequadamente. No caso da poluição dos aquíferos, há o agravante das limitações de detecção e combate às suas consequências. A proteção de mananciais está, portanto, intimamente atrelada à necessidade de proteção das áreas de recarga dos aquíferos, dos sistemas de exfiltração das águas subterrâneas (nascentes, surgências) e das bacias de contribuição superficial de cada manancial.

Visando a finalidade operacional de aplicação do termo, mananciais devem ser concebidos de modo o mais compreensível possível. A área de proteção direta de um manancial deve ser compreendida, neste sentido, como a bacia hidrográfica superficial de contribuição do mesmo. A possibilidade de estabelecimento de limites hidrogeológicos de contribuição dos mananciais (aquíferos) esbarra em dificuldades técnicas e financeiras que podem não ser viáveis em tempo hábil.

A complexidade dos processos de proteção de mananciais está associada à eficiente delimitação de áreas de influência direta e indireta na disponibilidade hídrica, mas também às pressões humanas derivadas de usos e atividades. A compatibilização de usos e prioridades é um desafio de peso nas áreas de mananciais, exigindo esforços de concertação, mediação de conflitos, gestão das lógicas hegemônicas e das relações desiguais que se manifestam nas formas de produção do espaço nos territórios em questão.

Apesar da dificuldade de se gerar instrumentos de regulação efetivos para os mananciais, a ausência do Estado e os quadros de incompatibilidades de usos geram cenários ainda mais perversos, nos quais a irregularidade dos processos de ocupação são recorrentes:

A proteção de mananciais gerou legislações restritivas que condicionaram a desobediência. Estas leis impedem o uso das áreas mananciais sem que o poder público compre a propriedade. O proprietário é penalizado por possuir esta área, já que na maioria das vezes deve continuar pagando imposto e ainda preservar a área quase intacta. A desobediência acaba ocorrendo devido ao aumento do valor econômico das áreas circunvizinhas. Observou-se em algumas cidades a invasão destas áreas por população de baixa renda até por convite dos proprietários, como um meio de negociar com o poder público. (TUCCI e SILVEIRA, 2001, p. 39-40).

As áreas de importância ambiental que foram protegidas não foram diretamente incorporadas ao mercado imobiliário. Com a ausência de fiscalização e de controle do Estado e com a quase inexistência de políticas habitacionais de baixa renda e de interesse social, foram criadas situações propícias ao surgimento de ocupações irregulares e informais (MARICATO, 2000).

O espraiamento do tecido urbano e o crescimento das grandes cidades brasileiras geraram áreas de grande adensamento populacional e intensa pressão sobre a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. Os limites dos mananciais comumente extrapolam os limites territoriais dos municípios, sendo necessária uma gestão territorial compartilhada para que todos os usuários possam exercer o direito constitucional de acesso à água potável. No caso de Belo Horizonte, a grande maioria da água destinada ao abastecimento público é captada de

mananciais metropolitanos e que não se encontram dentro dos limites territoriais da capital mineira.

O crescimento de Belo Horizonte e sua periferização, em grande parte baseada em ocupações irregulares, gerou a formação de extensas áreas com pouca ou nenhuma estrutura urbana, aqui incluída a de saneamento. Assim como ocorreu em diversas metrópoles brasileiras, as ocupações irregulares nas áreas de relevância ambiental passaram a conflitar com os objetivos de criação de reservatórios hídricos com água de qualidade e quantidade adequadas. Com a complexidade inerente aos processos de gestão territorial, acompanhada da escassez de soluções para os conflitos de usos e do crescimento das demandas, tornou-se tradicional no Brasil a busca por mananciais cada vez mais distantes, por parte dos serviços de abastecimento público de água. Como consequência, a sociedade é frequentemente onerada com a elevação dos custos implicados nos processos de captação e distribuição da água tratada (TUCCI, 2002).

No caso do município de Belo Horizonte toda a água utilizada para abastecimento público é retirada de mananciais metropolitanos e que não se encontram dentro dos limites da capital mineira. Dois mananciais antes utilizados para abastecimento público, Cercadinho e Pampulha, hoje não são mais usados para abastecimento doméstico. Estas áreas ficaram sujeitas às formas de ocupação que não são consideradas compatíveis com a qualidade das águas necessária para o abastecimento público.

Uma alternativa que tem sido proposta de forma recorrente para a solução desse problema é a compra dos terrenos dos mananciais pelo Estado, tal como é a experiência da cidade de Nova York, nos Estados Unidos:

As alternativas que até então se afiguravam mais comuns para o administrador público envolvido com o abastecimento de água, eram ou a desapropriação das áreas a proteger - como, por exemplo, no caso de Nova York, que comprou os terrenos circundantes a seus principais mananciais em Nova Jersey - ou a adoção de medidas estruturais, mediante tratamento avançado da água captada e ampliação da oferta a partir de mananciais cada vez mais distantes. (SILVA e PORTO, 2003 p. 136).

Comprar os terrenos dos mananciais e de seu entorno é algo muitas vezes quase inviável devido à complexidade dos trâmites administrativos ou ao elevado custo das desapropriações. De todo modo, é relevante lembrar que a apropriação da terra pelo Estado não garante uma adequada qualidade ambiental dos mananciais, já que a falta de controle e fiscalização, além dos mencionados problemas sociais associados às ocupações irregulares e/ou informais tornam a qualidade da água um parâmetro altamente vulnerável à poluição.

Não é difícil conceber que a proteção de mananciais está atrelada às formas de uso e ocupação dos territórios nos quais se inserem, as quais condicionam, por sua vez, as formas de uso das águas e o seu estado quali-quantitativo. Os processos necessários de compatibilização de usos e mediação de conflitos passam, certamente, pelas dimensões de saneamento e habitação que sejam conciliáveis com os usos prioritários das águas. A discussão sobre a proteção de mananciais não pode, portanto, estar dissociada das questões socioambientais que perpassam as formas de expansão do tecido urbano e os usos/atividades humanas (aqui incluindo empreendimentos industriais e minerários) que sejam compatíveis ou conflitantes com os objetivos de um manancial.

As atividades de extração mineral, em especial de ferro, ocupam extensas áreas nas cabeceiras de cursos d'água na RMBH, gerando, frequentemente, impactos significativos para os recursos hídricos e mananciais: degradação ou extinção de zonas de recarga de aquíferos e nascentes, rebaixamento do nível freático, redução das vazões fluviais, impermeabilização do solo, redução das taxas de infiltração e poluição das águas com efluentes e rejeitos (ANA, 2006). Outro grupo de focos de pressão sobre os mananciais na RMBH refere-se aos usos

agrícolas, principalmente sob a forma da pecuária extensiva e agricultura intensiva baseada na aplicação de insumos químicos e agrotóxicos.

Os processos de proteção de mananciais estão sempre frente aos desafios de compatibilização entre as pressões ambientais nas bacias de contribuição e o desejado estado das águas visando atender os usos a que se destinam. O cumprimento das funções dos mananciais somente pode ser efetivado adequadamente se o planejamento territorial garantir usos e atividades humanas nas bacias de contribuição que sejam compatíveis com esta almejada vocação de produção de água em quantidade e qualidade. Ações de proteção, como a criação de unidades de conservação, devem permitir mudanças e diferenciações no uso e na ocupação do solo, devem permitir maior cobertura florestal e disciplinar os usos antrópicos.

As especificidades locais e regionais determinam as lógicas dos processos de desenvolvimento e apropriação do espaço, mas algumas técnicas tem se destacado no Brasil em termos de busca de proteção de recursos hídricos e mananciais. Processos de gestão participativos, em que os princípios de cooperação e solidariedade entre unidades territoriais e político-administrativas são aplicados, tem mais chances de gerar cenários de mananciais mais protegidos. Igualmente, programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), compensação econômica a municípios produtores de água e programas de incentivo à substituição de tecnologias por outras mais compatíveis com a necessidade de proteção de mananciais, podem ser alternativas para a efetivação de instrumentos de proteção e de consolidação de formas de ocupação compatíveis com a produção de água nas áreas dos mananciais.

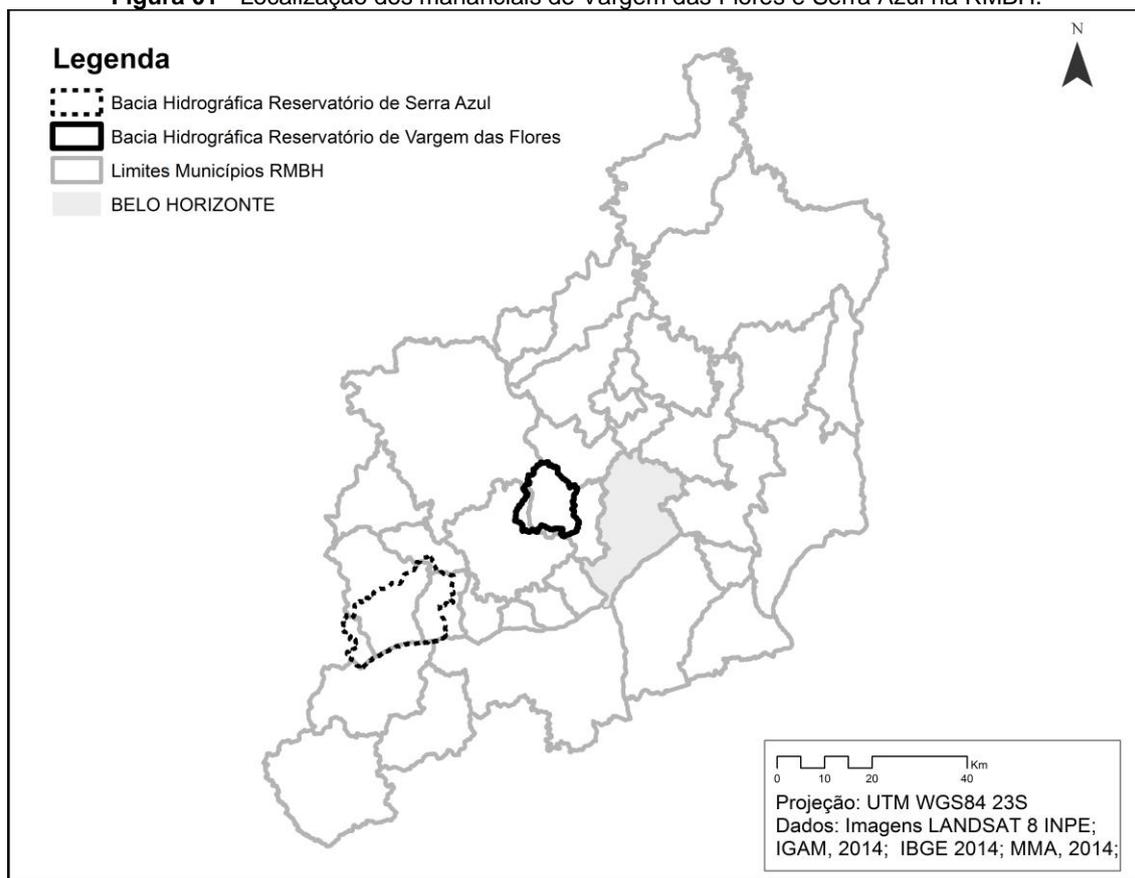
#### **APES VARGEM DAS FLORES E SERRA AZUL**

As APes em estudo se localizam na porção Centro-Sul da RMBH, conforme apresentado pela figura 01. O Eixo Centro-Sul da RMBH é caracterizado pela forte concentração fundiária por parte de empresas mineradoras e pela intensa atividade imobiliária de alta renda. Com o descomissionamento de empreendimentos minerários existentes neste eixo, nas últimas décadas, as próprias empresas mineradoras têm investido no setor imobiliário, com a construção de condomínios de alto luxo.

Esta porção da RMBH se destaca também por sua importância em termos de biodiversidade. A conformação geomorfológica das serras regionais favoreceu o desenvolvimento de ecossistemas característicos com alta incidência de espécies endêmicas, sendo considerada uma área de expressiva importância biológica (MINAS GERAIS, 2006).

Por estes motivos, a região abrange um conjunto de áreas protegidas sofrendo intensas pressões relacionadas à expansão do tecido urbano, à mineração e a usos agrícolas.

**Figura 01** - Localização dos mananciais de Vargem das Flores e Serra Azul na RMBH.



Fonte: Org. dos Autores.

### **APE VARGEM DAS FLORES**

Para suprir a crescente demanda urbana de água, foi aprovada em 1968 a construção do reservatório Vargem das Flores com fins de abastecimento público. A construção do reservatório durou de 1968 até 1972, entrando em funcionamento somente em 1973. A inauguração do sistema de captação de água foi uma resposta à crise de desabastecimento que assolava a RMBH à época, principalmente no município de Belo Horizonte (SOUZA, 2003). O reservatório compreende os municípios de Betim (13% da bacia de contribuição) e Contagem (87%). A represa recebe diversos cursos d'água oriundos de ambos os municípios, todos formadores do Ribeirão Betim. Este deságua no rio Paraopeba, que é um dos principais afluentes da bacia do rio São Francisco.

No início da década de 1970, os serviços de abastecimento de água foram concedidos à Companhia Mineira de Águas e Esgotos (COMAG), atual COPASA, que ainda é a empresa responsável pelo abastecimento de água de grande parte dos municípios da RMBH. Portanto, desde o início do seu funcionamento a captação e a distribuição de água oriunda do reservatório Vargem das Flores são geridos pela COPASA.

Em face ao avanço da ocupação urbana nas áreas próximas ao local de captação foi criada por meio do Decreto 20.793, de 08/09/1980, a APE Vargem das Flores (figura 02). A área compreende toda a bacia de contribuição do reservatório, abrangendo uma superfície de 12.263 ha entre os municípios de Betim e Contagem. De acordo com o decreto que estabeleceu a sua criação, é de preservação permanente toda a vegetação natural dentro de seus limites, sendo que projetos de loteamentos e de parcelamento do solo para fins urbanos requerem a aprovação dos municípios e a anuência prévia do Estado.

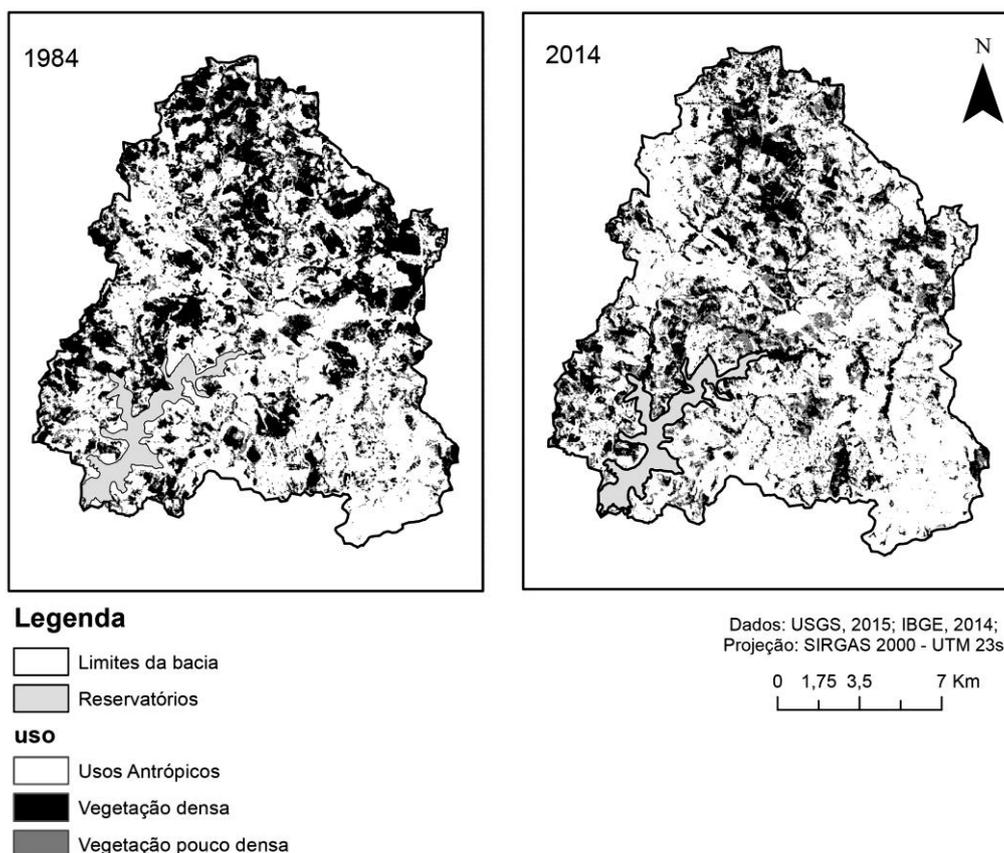
A APA Vargem das Flores foi criada pela Lei nº 16.197 de 26 de junho de 2006, com o argumento principal que a APE não estava cumprindo o seu papel de proteção do manancial

perante a pressão imobiliária. A criação da APA trouxe à tona a falta de efetividade da APE quanto às suas funções de proteção do estado das águas do manancial Vargem das Flores. A APA possui 12.263 ha, tendo o mesmo perímetro da APE homônima. De acordo com a referida lei, a APA deve ser supervisionada, administrada e fiscalizada pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) em conjunto com a COPASA e com os órgãos municipais.

A Lei de criação da APA não cita em seu texto a existência prévia da APE. Mesmo com as imprecisões normativas e a falta de um marco regulatório efetivo, a APE Vargem das Flores existe oficialmente como instrumento de proteção do respectivo manancial. Porém, de modo recorrente, a APE é associada a uma propriedade da COPASA, o que justifica o fato das APES serem conhecidas popularmente como “[...] áreas da COPASA” (EUCLYDES, 2011).

Pelos seus atributos de beleza cênica, condições favoráveis às atividades recreativas e localização, o manancial Vargem das Flores e sua respectiva bacia de contribuição são utilizados para a prática de esportes náuticos, irrigação, controle de cheias e recepção de águas residuárias de fontes diversas (GOMES, 2008). Na bacia, também ocorrem adensamentos urbanos e áreas de solo exposto (figura 02), indicando a existência de pressões diversas que contribuem diretamente para a degradação da qualidade ambiental do manancial. Este fato foi evidenciado por Viana (2009) que, a partir do estudo de seis mananciais para abastecimento público em Minas Gerais, verificou que Vargem das Flores é o mais ameaçado pelas ações antrópicas em decorrência das pressões oriundas da urbanização. A figura 02 ilustra a evolução histórica do uso e ocupação do solo na bacia do manancial Vargem das Flores, com destaque para a intensificação dos usos antrópicos.

**Figura 02** - Uso e ocupação do solo na bacia de Vargem das Flores em 1984 e 2014.



Fonte: Org. dos Autores.

As tabelas 01 e 02 mostram que o percentual de área ocupado por usos antrópicos aumentou cerca de 8% entre 1984 e 2014. Houve intensificação do adensamento das áreas antropizadas, aumentando a impermeabilização do solo, a concentração populacional e, conseqüentemente, a quantidade de esgotos domésticos e de escoamento pluvial que atingem o manancial.

Destaca-se a redução da área de maior adensamento vegetacional, que caiu 10,3 %, e passou a ocupar apenas 18,5 % da área da bacia. Estas áreas mais vegetadas correspondem a zonas de transição entre cerrado e mata atlântica, sendo de grande importância ambiental em termos ecológicos e hidrológicos (aumento da infiltração, redução do escoamento superficial, redução da erosão acelerada dos solos).

**Tabela 01:** Uso do solo em Vargem das Flores – 1984.

Recorte territorial	Antrópico	Vegetação pouco densa	Vegetação adensada	Total
Regional	49,08	18,68	32,24	100,0
Vargem das Flores	56,0	15,1	28,8	100,0

**Tabela 02:** Uso do solo em Vargem das Flores – 2014.

Recorte territorial	Antrópico	Vegetação pouco densa	Vegetação adensada	Total
Regional	55,69	17,29	27,02	100,0
Vargem das Flores	64,1	17,4	18,5	100,0

Comparando com os limites regionais analisados percebe-se que Vargem das Flores teve perdas florestais e alterações antrópicas mais intensas que outras áreas próximas. Isso é devido principalmente à proximidade com o tecido urbano conurbado da RMBH, mas também pode estar associado ao fato do reservatório funcionar como um atrativo para a ocupação.

#### **APE SERRA AZUL**

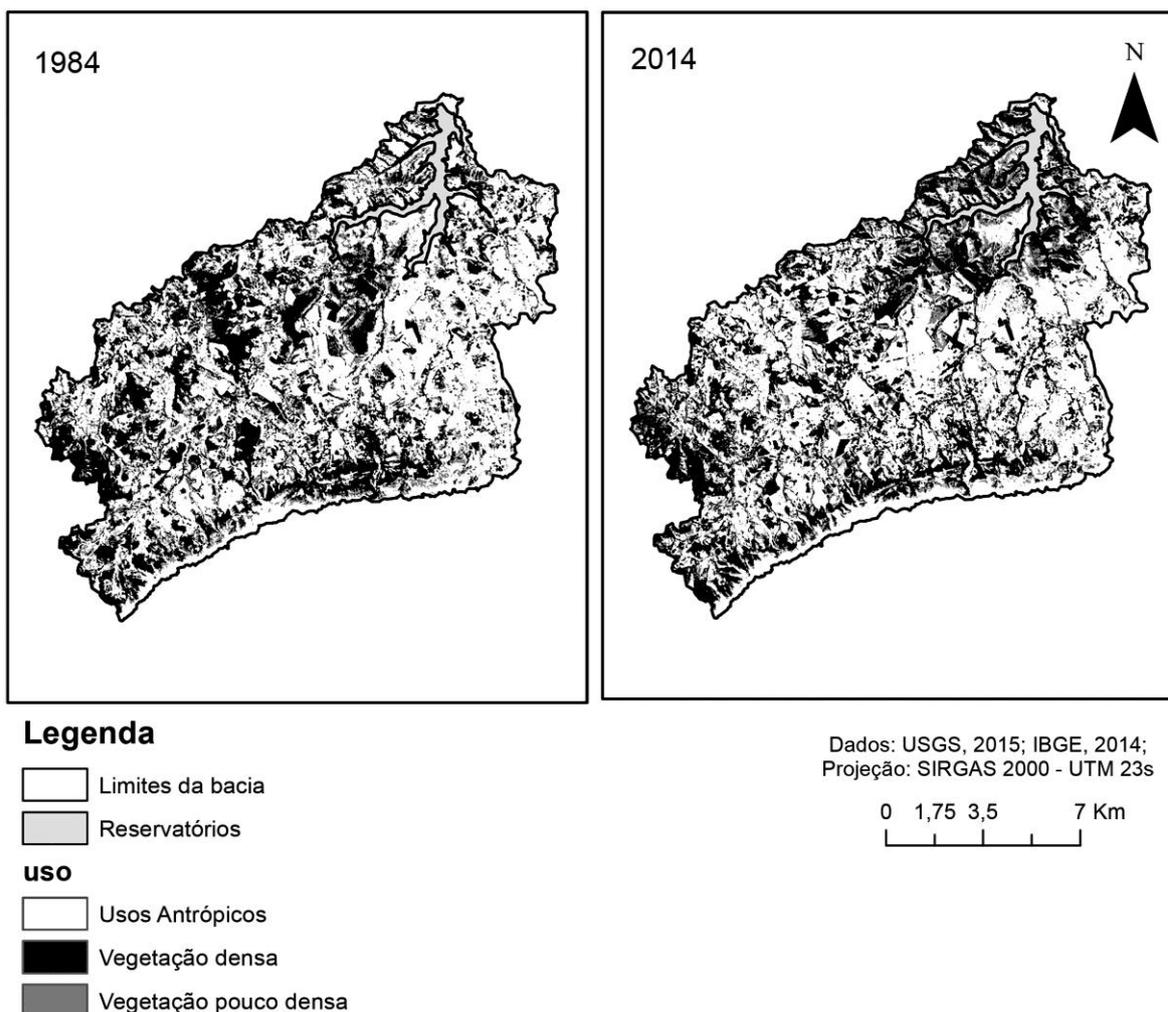
Assim como Vargem das Flores, o sistema Serra Azul está inserido na bacia do rio Paraopeba. A sua construção se iniciou em 1979 e foi concluída em 1982, entrando em operação no mesmo ano. O sistema Serra Azul permitiu flexibilizar o sistema de abastecimento de água da RMBH, já que possibilitou reformas em outros sistemas de abastecimento como o do Rio das Velhas, o que não era possível até então.

O Sistema Serra Azul se localiza na borda oeste da unidade geológica conhecida como Quadrilátero Ferrífero, abrangendo os municípios de Juatuba, Mateus Leme e Igarapé. É responsável por 13% de todo o abastecimento de água da RMBH e juntamente com os outros sistemas da bacia do rio Paraopeba (Rio Manso – 25%; Vargem das Flores – 9,6%) são responsáveis por 47,6% de todo o suprimento de água da RMBH.

Instituída pelo Decreto n. 20.792, de 08 de julho de 1980, a APE Serra Azul compreende uma área de 256 km<sup>2</sup>, correspondendo a toda bacia de contribuição do reservatório. Apesar de sua jurisdição ser dividida entre o órgão ambiental estadual (IEF) e a COPASA, não há nenhum documento de validade jurídica que estabeleça os respectivos percentuais de área sob suas responsabilidades.

A APE Serra Azul (figura 03), em tese, deveria possuir um regulamento próprio estabelecido em seu decreto ou pelo órgão ambiental estadual, mas não há nenhum documento jurídico que estabeleça normas, plano de manejo e/ou fundamentos específicos para a gestão da APE. A ausência de instrumentos de gestão gera uma forte preocupação com as pressões advindas do uso do solo no manancial Serra Azul, já que em sua bacia de contribuição ocorre a expansão de usos urbanos, vários usos agrícolas e principalmente uma intensa atividade minerária na zona serrana que concentra as áreas de cabeceira dos cursos d'água.

Figura 03 - Evolução de uso do solo no manancial de Serra Azul.



Fonte: Org. dos Autores.

O histórico evolutivo do uso e ocupação do solo na bacia do manancial Serra Azul entre 1984 e 2014 demonstra a intensificação de usos humanos. A área antropizada aumentou 5% no período, enquanto a área ocupada por vegetação densa diminuiu (tabela 03 e 04). Por outro lado, estes números foram mais negativos na APE Vargem das Flores, como visto nas tabelas 01 e 02.

Se por um lado os usos agrícolas tiveram um aumento de área de forma dispersa pela bacia, sem dúvida o principal destaque da expansão da área antropizada foi o aumento exponencial das atividades minerárias nas zonas de cabeceira que abastecem o reservatório. Estas atividades tem um elevado potencial para a geração de impactos no reservatório, principalmente degradar ou extinguir nascentes, reduzindo as vazões fluviais que contribuem para o manancial, aumentar a carga sedimentar que atinge os cursos d'água e o reservatório, reduzindo a sua vida útil, degradar e reduzir as zonas de recarga dos aquíferos e rebaixar o nível freático, contribuindo com a redução das vazões superficiais. Na contramão desta intensificação das pressões humanas, houve um significativo aumento da vegetação arbórea no entorno do manancial, em áreas de propriedade da COPASA. Como a finalidade do trabalho foi entender as possibilidades de controle do solo na bacia de contribuição para a análise percentual foi retirada a área de propriedade da COPASA.

**Tabela 03:** Uso do solo em Serra Azul 1984.

Recorte territorial	Antrópico	Vegetação pouco densa	Vegetação adensada	Total
Regional	49,08	18,68	32,24	100,0
Serra Azul	51,7	18,5	29,8	100,0

**Tabela 04:** Uso do Solo em Serra Azul 2014.

Recorte territorial	Antrópico	Vegetação pouco densa	Vegetação adensada	Total
Regional	55,69	17,29	27,02	100,0
Serra Azul	56,6	16,0	27,4	100,0

A alteração do uso do solo na região do manancial de Serra Azul acompanhou as tendências regionais, inclusive intensificando algumas formas de uso e ocupação, como é o destaque das áreas de cabeceira com alta preponderância de áreas de mineração de ferro. Dessa forma, a ação afirmativa de controle proposto pela APE não mostrou resultados territoriais, ou seja, não foi suficiente para a efetivação da mudança das práticas territoriais na bacia do manancial de Serra Azul.

## **AS APES COMO UNIDADES DE PROTEÇÃO DE MANANCIAIS: CONTRADIÇÕES E DESAFIOS**

A proteção dos mananciais de Vargem das Flores e Serra Azul foi a principal intenção expressa na criação de suas respectivas APEs. Porém, após décadas de existência ainda não há um cenário de efetivo controle das pressões humanas em suas áreas de abrangência, pressões estas expressas pelas atividades de uso e ocupação do solo. Quase sempre, a expansão da antropização nas APEs coincidiu com atividades conflitantes com o interesse comum intrínseco à função dos mananciais para abastecimento público.

Grande parte dos problemas de efetivação das APEs reside na falta de um aparato jurídico específico que regule e normatize os direitos e exigências em suas áreas de abrangência. Sem este aparato, não há a concepção e aplicação de instrumentos de gestão e proteção que sejam voltados às especificidades das APEs e dos mananciais. A confusão de caráter legal ficou expressa na verificação de documentos com diferentes informações a respeito do perímetro das APEs, inclusive com diferenças muito discrepantes (como aconteceu ao consultar os documentos disponibilizados nos sítios virtuais da COPASA e do IEF). Em tese, as APEs deveriam ser áreas de usos restritos com a finalidade de proteção dos cursos d'água e dos mananciais. Entretanto, a ausência de clareza jurídica traz uma constante confusão de concepção e percepção por parte da sociedade civil, do poder público e dos gestores ambientais. Esta confusão envolve a base conceitual das APEs e suas diferenças com relação às unidades de proteção do SNUC e às áreas de propriedade da COPASA.

Essa imprecisão sobre os limites das APEs possui, segundo Euclides (2011), um “[...] peso ideológico expressivo [...]”, já que não tem sido estabelecida uma nítida divisão entre as áreas protegidas e as propriedades privadas de mineradoras ou de agentes imobiliários.

Se não é possível distinguir entre o que pertence às empresas mineradoras, aos agentes imobiliários e ao Estado, se nem os órgãos responsáveis pelo cuidado com as referidas áreas têm esse conhecimento, facilita-se a exploração privada do bem público, a devastação da biodiversidade, o comprometimento do abastecimento de água da metrópole e a destruição da rara beleza regional. Tendo em vista os principais beneficiários dessa indefinição, quais sejam, as empresas mineradoras e os agentes imobiliários, questiona-se: até que ponto essa imprecisão não é bastante precisa? (EUCLYDES, 2011, p. 34).

As fragilidades normativas e a ausência de instrumentos de gestão podem gerar um resultado oposto do que é esperado em relação às funções de proteção das APEs. Se são áreas protegidas em termos teóricos, as APEs sofrem as pressões do adensamento humano que ocorre de modo irregular, sem acompanhar a legislação ambiental e as prioridades e necessidades dos mananciais. Nos dois estudos de caso analisados, as APEs não atingiram os objetivos de regulação de usos e proteção ambiental diante das pressões imobiliárias nas áreas do entorno. Portanto, de modo paradoxal a APE Vargem das Flores foi criada como uma área de preservação integral da vegetação, mas não conseguiu cumprir o papel de proteção do manancial!

A APE Serra Azul abrange toda a bacia hidrográfica de contribuição do manancial. Conforme salienta Tucci (2008, p. 103), “A legislação de proteção de mananciais aprovada na maioria dos Estados brasileiros, protege a bacia hidrográfica utilizada para abastecimento das cidades.”, já que “nessas áreas, é proibido o uso do solo urbano que possa comprometer a qualidade da água de abastecimento”.

Por causa do crescimento das cidades, essas áreas foram pressionadas à ocupação pelo valor imobiliário da vizinhança e pela falta de interesse do proprietário em proteger a área, já que essa perdeu o valor em razão da legislação e ainda necessita pagar impostos que recaem sobre ela. Essas áreas são invadidas pela população de baixa renda, e a consequência imediata é o aumento da poluição. Muitos proprietários incentivaram a invasão até para poder vender a propriedade para o poder público. (TUCCI, 2008, p. 103).

Um exemplo desta afirmação decorre dos fortes adensamentos urbanos presentes no entorno da APE Vargem das Flores. Mesmo sabendo-se que não há impedimento legal para a existência de ocupação urbana nas áreas de mananciais, deve-se questionar qual modelo de ocupação é compatível com o objetivo de proteção dos mananciais. Nos dois estudos de caso analisados, as pressões decorrem de um tipo de ocupação urbana periférica e precarizada quanto à infra-estrutura de saneamento, não estando necessariamente associada à população de baixa renda. Em ambas as APEs foi verificada a ocorrência de expansão de áreas urbanas no entorno dos mananciais, além de chacreamentos e sítios na APE Serra Azul.

Estas pressões urbanas podem gerar consequências danosas à qualidade das águas dos mananciais devido aos riscos de poluição advindos do lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento nos corpos d'água, da drenagem pluvial carregada de poluentes orgânicos e inorgânicos, de fossas sépticas e do vazamento dos sistemas de esgotos e de drenagem urbana, de depósitos de resíduos sólidos que contaminam as águas superficiais e subterrâneas e de focos de erosão acelerada comumente vistos em loteamentos periféricos.

Motivado pelo quadro generalizado de desconhecimento das especificidades legais das APEs por parte dos órgãos gestores, foi criada, em 16 de outubro de 2013, a Lei Estadual nº 20.922 que objetiva a reavaliação das APEs já criadas visando o seu enquadramento em alguma categoria do SNUC. Porém, nenhuma das 12 categorias de unidades de conservação presentes no SNUC tem por finalidade explícita a proteção de mananciais. Deve-se ressaltar que, mesmo com a criação de uma categoria de unidade de conservação do SNUC com a finalidade de proteção de mananciais, este fato não garante processos de ocupação e apropriação do território que sejam compatíveis com as funções dos mananciais.

A falta de clareza da proteção de mananciais na legislação ambiental pode estar associada a interesses econômicos e políticos que resultaram, em pleno Século XXI, em um panorama de fortes e inconcebíveis lacunas de instrumentos de proteção das fontes de água para abastecimento público em Minas Gerais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho ilustra algumas das limitações e desafios das iniciativas de proteção de mananciais em Minas Gerais via implementação de APes. Os estudos de caso abordados evidenciam alguns problemas enfrentados pelo aparato institucional responsável pela gestão das APes. Constata-se que o estado não possui categorias efetivas na proteção de mananciais para abastecimento humano, dada a ineficiência das APes como instrumento regulador das pressões humanas nas bacias de contribuição dos mananciais e motivador da recuperação de áreas relevantes para a qualidade dos mananciais.

Em muitos casos, a proteção de mananciais não tem contemplado a proteção das bacias de contribuição hídrica à montante dos reservatórios voltados ao abastecimento público. Como consequência, a proteção dos mananciais não difere muito da proposta das Áreas de Preservação Permanente (APP) contempladas no Código Florestal. A criação de APes continuará a parecer um processo de formalização de recortes espaciais ineficientes se não forem contempladas algumas questões e dimensões apontadas no trabalho:

- a contigüidade espacial dos fluxos hídricos ao longo das redes hidrográficas;
- a abrangência dos territórios hidrográficos de montante passíveis de transferirem impactos aos mananciais situados à jusante;
- o planejamento e adequada fiscalização do uso e ocupação do solo nas APes e respectivas bacias hidrográficas de contribuição, evitando-se a expansão de focos de pressão ambiental que atendam a interesses particulares e que descaracterizem as funções dos mananciais;
- a criação de instrumentos de gestão específicos às APes e aos mananciais.

A proteção dos mananciais depende da definição de instrumentos e programas que permitam a valorização das áreas de menor pressão antrópica, a recuperação de áreas degradadas e o zoneamento ambiental das bacias de contribuição a partir das pressões e das fragilidades ambientais. No caso das APes estudadas, a mineração, a agropecuária e os usos urbanos tem se configurado como os principais focos de pressões para o estado quantitativo e qualitativo das águas dos mananciais. O próprio aparato gestor das APes se vê incapaz de negociar e controlar os impactos destes usos, fato compreensível quando se percebe que o controle destas questões está, acima de tudo, na esfera política. Somente a partir de processos decisórios baseados em vontade política de modificar o modelo de desenvolvimento vigente em Minas Gerais pode confrontar os interesses setoriais e econômicos que comprometem a proteção dos mananciais e o abastecimento público de água.

As duas APes estudadas permitem refletir que o estado não necessita perder a sua vocação minerária para a proteção dos mananciais, mas o questionamento do modelo vigente de mineração é certamente necessário para a busca de soluções atuais e futuras para o abastecimento público de água. Igualmente, os modelos de ocupação territorial das atividades industriais, agrícolas e urbanas precisam ser planejados e repensados, em prol de sua compatibilização com as necessidades de proteção dos recursos hídricos. Afinal, os bônus deste arraigado modelo de apropriação territorial são, geralmente, privados, mas os ônus são comuns e se concretizam nas externalidades negativas da escassez hídrica, dos conflitos pelo uso da água e do encarecimento das tarifas de água pagas pelos cidadãos.

## REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração**. Brasília: 2006.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 julho de 2000**. 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. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2014.

EUCLYDES, A. C. P. O que há de especial na proteção dos mananciais? Um estudo sobre as Áreas de Proteção Especial – APES – do Eixo Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Geografias**, Belo Horizonte, 7ª ed., n. 1, p. 29-43, 2011.

FREIRE, C. C.; OMENA, S. P. F. **Princípios de hidrologia ambiental**. Curso de Aproveitamento em Gestão de Recursos Hídricos: modalidade à distância. [S. L.]. [2013].

GOMES, L. N. L. **Estudo da associação entre parâmetros bióticos e abióticos e a ocorrência de florações de cianobactérias no reservatório de Vargem das Flores – Minas Gerais**. 2008. Paginação Irregular. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MARICATO, E. T. M. As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias: Planejamento urbano no Brasil. In: ARANTES, O. B. F.; MARICATO, E. T. M.; VAINER, C. B. **A cidade do pensamento único: Desmanchando consensos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000. p. 121-192.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 20.793, de 8 de setembro de 1980**. Define como de interesse especial, para proteção de mananciais, terrenos situados na bacia hidrográfica do reservatório de Vargem das Flores. Diário Oficial de Minas Gerais, Belo Horizonte, 09 set. 1980.

MINAS GERAIS. **Lei nº 16.197, de 26 de junho de 2006**. Cria a Área de Proteção Ambiental Vargem das Flores, situada nos municípios de Betim e Contagem, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5695>>. Acesso em: 28 dez. 2014.

MINAS GERAIS. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça**. Belo Horizonte, 2006.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. **PARECER ÚNICO SUPRAM CM N.º 238/2010**, Brumadinho, 18 de jun. 2010.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

SÃO PAULO – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. 2000. Disponível em: <[www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/asecon/r0estadual/sumario.htm](http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/asecon/r0estadual/sumario.htm)>. Acesso em: 22 abr. 2014.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. do A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003.

SOUZA, A. D. **Variações espaciais e temporais de parâmetros de qualidade de água em um reservatório tropical (Represa Vargem das Flores – Contagem, MG) e suas implicações com aspectos limnológicos**. 2003. Não paginado. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.

TUCCI, C. E. M. Princípios de hidrologia ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n1.p5-27>

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. **Apostila de gerenciamento da drenagem urbana**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001. p 46.

VIANA, T. **Estudo do conteúdo de calor e suas influências sobre variáveis limnológicas em reservatórios de abastecimento de água.** 2009. 134 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2009.