

# PLANO DE DESENVOLVIMENTO E PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NO ESTADO DE SÃO PAULO: PROPOSTA PRELIMINAR

José Luiz Albuquerque Filho<sup>1</sup>; Ana Maciel de Carvalho<sup>2</sup>; Marina Costa Barbosa<sup>3</sup>; Priscila Ikematsu<sup>4</sup>; Carlos Geraldo Luz de Freitas<sup>5</sup>; Ana Candida Melo Cavani Monteiro<sup>6</sup>; Mara Iritani<sup>7</sup>; Márcia Maria Nogueira Pressinotti<sup>8</sup>; Gerônimo Rocha<sup>9</sup>; Armando Teruo Takahashi<sup>10</sup>; Marta Pereira Militão da Silva<sup>11</sup>; André Kovacs<sup>12</sup>; Geraldo Gilson de Camargo<sup>13</sup>.

**Resumo** - O Sistema Aquífero Guarani (SAG) constitui um importante manancial de abastecimento público do Estado de São Paulo. As áreas de afloramento representam regiões onde o aquífero encontra-se mais vulnerável à contaminação, fato que justifica a criação de uma Área de Proteção e Recuperação de Manancial (APRM). O objetivo principal deste artigo é apresentar os resultados parciais do Projeto intitulado “Diagnóstico Ambiental para Subsídio ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo (PDPA-SAG)” e a proposta de Áreas de Intervenção, conforme preconizado na Lei Estadual nº 9.866/97. A caracterização da área de estudo considerou diversos aspectos do meio físico e socioeconômico, além de diplomas legais pertinentes. Os resultados parciais apontam que, no âmbito regional, a situação atual do SAG é satisfatória, porém, destaca-se a importância do disciplinamento territorial. Este trabalho trata da primeira APRM estabelecida para proteção de um recurso hídrico subterrâneo e envolve uma extensa área geográfica. Existe, portanto, o desafio de articular as ações que se dão no âmbito regional, de responsabilidade do Estado, com as ações de âmbito local, de responsabilidade dos municípios.

**Abstract** - The Guarani Aquifer System (GAS) is an important water source for public supply of the State of São Paulo. The unconfined areas represent regions where the aquifer is more vulnerable to contamination, a fact that justifies the creation of a Protection and Recovery Source Area (Área de Proteção e Recuperação de Manancial - APRM). The aim of this paper is to present partial results of the Project “Environmental Diagnosis for the Development and Environmental Protection

---

<sup>1</sup>Hidrogeólogo, Dr., Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, Av. Prof. Almeida Prado nº532, São Paulo, SP, CEP 05508-901. Tel.: (11) 37674362. E-mail: albuzele@ipt.br. <sup>2</sup>Geóloga, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: amaciel@ipt.br; <sup>3</sup>Engenheira Civil, Ma., Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: marinac@ipt.br; <sup>4</sup>Engenheira Ambiental, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: priscilai@ipt.br; <sup>5</sup>Geólogo, Dr., Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, E-mail: cege@ipt.br; <sup>6</sup>Matemática, Ma. Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT. E-mail: anacandi@ipt.br; <sup>7</sup>Hidrogeóloga, Dr. Instituto Geológico-IG/SMA, E-mail: mara.iritani@igeologico.sp.gov.br; <sup>8</sup>Geóloga, Ma., Instituto Geológico-IG/SMA, E-mail: mpressinotti@igeologico.sp.gov.br; <sup>9</sup>Geólogo, Dr. Secretaria do Estado do Meio Ambiente-SMA. E-mail: geroncio@ambiente.sp.gov.br; <sup>10</sup> Geólogo, Ms. Armando Teruo Takahashi. E-mail: takahash@sp.cprm.gov.br; <sup>11</sup>Cientista Social. Secretaria do Estado do Meio Ambiente-SMA. E-mail: martas@ambiente.sp.gov.br; <sup>12</sup>Engenheiro Ambiental. Secretaria do Estado do Meio Ambiente-SMA. E-mail: andre@ambiente.sp.gov.br <sup>13</sup>Geólogo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-Cetesb. E-mail: sma.geraldo@cetesbnet.sp.gov.br.

Plan (Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo - PDPA) and present the Intervention Areas, as established in São Paulo State Law no. 9.866/97. The characterization of the studied area focused on physical and socioeconomic aspects of the region, in addition to the pertinent legislation. Partial results indicate that the condition of the aquifer is satisfactory however the importance of territorial discipline is highlighted. This is the first APRM established to protect a groundwater resource and involves a wide geographic area. Therefore there is the challenge to articulate actions in a regional context, of the State responsibility, with actions at a local level, responsibility of the municipalities.

**Palavras-Chave** – Área de Proteção e Recuperação Ambiental; Sistema Aquífero Guarani; Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um corpo hídrico subterrâneo, transfronteiriço, de importância fundamental para o continente sul-americano, ocorrendo em porções do território do Uruguai, Argentina, Paraguai e Brasil (ARAÚJO, 1995 apud OEA, 2009).

No Estado de São Paulo a área de ocorrência do SAG é estimada em aproximadamente 143.000 km<sup>2</sup> (OEA, 2009). Na borda leste do Estado está localizada a faixa aflorante, com aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup>, e a oeste dessa faixa, o sistema aquífero encontra-se confinado por rochas basálticas, numa extensão de cerca de 128.000 km<sup>2</sup>.

Sabe-se que o SAG constitui o maior reservatório de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, sendo um importante manancial de abastecimento público. Isso porque as águas do SAG possuem, usualmente, potabilidade bastante adequada, sendo classificadas como bicarbonatadas sódicas e cálcio-magnesianas nas proximidades da área de recarga direta (ASSINE *et al.*, 2004).

Mais de cem municípios paulistas utilizam as águas do SAG para o abastecimento público, por meio da captação de água subterrânea de poços localizados tanto na área de afloramento quanto na área confinada, destacando-se as seguintes cidades, entre outras: Ribeirão Preto (100%); Araraquara (50%); São Carlos (50%); e de São José do Rio Preto (40%).

A porção confinada do SAG se encontra mais protegida de possíveis atividades poluidoras, devido às coberturas de rochas basálticas. Por outro lado, a área de afloramento constitui-se na porção mais vulnerável à entrada de possíveis contaminantes. Nesse sentido, visando à proteção do sistema como um todo, faz-se prioritário o planejamento territorial nessa área.

Por essas razões, a partir dos princípios estabelecidos na Lei Estadual nº 9.866/97, encontra-se em elaboração o Projeto intitulado “Diagnóstico Ambiental para Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo (PDPA-SAG)”. A referida Lei trata da proteção das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado.

O Projeto consiste na elaboração do PDPA e da Minuta de Lei Específica, que propõe a criação da Área de Proteção e Recuperação de Manancial da Zona de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani (APRM-SAG). A aprovação desses instrumentos depende de um processo participativo, envolvendo representantes do Poder Público – Estado e municípios –, da sociedade civil e dos usuários de recursos hídricos.

O objetivo principal deste artigo é apresentar os resultados parciais do Projeto, com ênfase à proposta de Áreas de Intervenção da APRM-SAG, considerando a importância de instrumentos para gestão do território e diretrizes para a sua ocupação.

## **2. LOCALIZAÇÃO DA APRM-SAG**

A delimitação da APRM-SAG foi efetivada considerando-se a área de afloramento das formações Botucatu e Pirambóia no Estado de São Paulo, acrescentando-se uma faixa de segurança (*buffer*) de 2,0 km no entorno dessas formações, totalizando uma área de aproximadamente 26.000 km<sup>2</sup>. A Figura 1 apresenta as formações Botucatu e Pirambóia e o limite da APRM-SAG no Estado de São Paulo.

Visando à gestão da APRM-SAG, faz-se necessária a contextualização da área de estudo em relação ao Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH).

Nesse sentido, são identificadas 9 (nove) Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHIs) com uma parcela do seu território na área, quais sejam: UGRHI 4 (Pardo); UGRHI 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí); UGRHI 8 (Sapucaí/Grande); UGRHI 9 (Mogi-Guaçu); UGRHI 10 (Tietê/Sorocaba); UGRHI 13 (Tietê/Jacaré); UGRHI 14 (Alto Paranapanema); UGRHI 16 (Tietê/Batalha); e UGRHI 17 (Médio Paranapanema).

Ressalte-se que 107 (cento e sete) municípios do Estado estão inseridos, total ou parcialmente, na APRM-SAG.

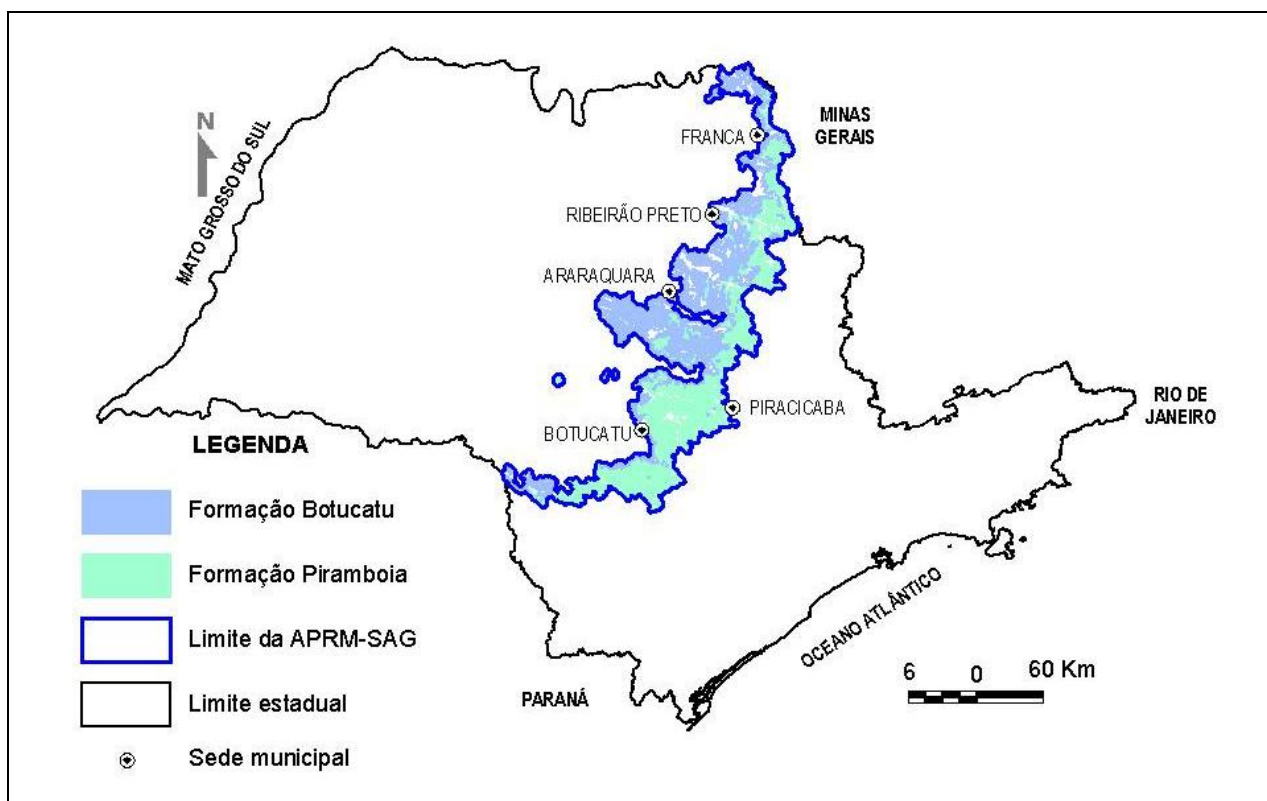


Figura 1. Delimitação da APRM-SAG no Estado de São Paulo.

### 3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Para a caracterização da APRM-SAG buscou-se informações relativas ao meio físico, ao meio socioeconômico, além de informações das unidades de conservação e áreas correlatas que ocorrem na área de estudo. Os dados e informações refletem situações estabelecidas em um determinado espaço de tempo, necessitando, portanto, de atualização constante, de forma a permitir seu tratamento, análise e utilização no planejamento e gestão da área.

Os aspectos básicos do meio físico foram analisados a partir da compilação e tratamento de dados de geologia e geomorfologia da região de estudo. Foram consideradas, também, as características quantitativas de recursos hídricos do SAG. Uma vez que se constitui em uma importante reserva de água doce subterrânea, avaliou-se, de uma maneira geral, a disponibilidade hídrica na sua área de afloramento, com base em dados secundários apresentados nos Planos de Bacia Hidrográfica das UGRHIs do Estado, além de outros estudos.

A caracterização dos aspectos socioeconômicos incluiu uma análise das formas de uso e ocupação do solo e a contextualização da dinâmica demográfica e socioeconômica dos municípios inseridos na área de estudo. Os dados populacionais utilizados correspondem aos da Contagem

Populacional de 2007, realizada pelo Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE). Questões relacionadas ao desenvolvimento econômico, tais como, principais atividades econômicas desenvolvidas, participação no Produto Interno Bruto (PIB), entre outros aspectos, também foram consideradas. Em relação ao saneamento básico, destacam-se os fatores relacionados ao abastecimento público, ao esgotamento sanitário e à coleta e tratamento dos resíduos sólidos domésticos.

Vale ressaltar que as atividades caracterizadas no Mapa de Uso e Ocupação do Solo (SMA, 2009) podem representar fontes potenciais de contaminação dos aquíferos.

Os aspectos legais foram pesquisados respeitando-se as diversas esferas políticas brasileiras que definem as unidades de conservação ambiental e as áreas correlatas, a fim de integrar as áreas legalmente protegidas às Áreas de Intervenção da APRM-SAG.

Para ampliar o conhecimento acerca das características do SAG e avaliar a exploração e o uso atual da água, foram compilados os dados dos poços tubulares existentes na APRM-SAG. Foram consultadas diversas fontes, a saber: Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), Instituto Geológico (IG) e Projeto Piloto Sistema Aquífero Guarani - Ribeirão Preto.

A partir dessa compilação, estruturou-se um banco de dados, utilizando-se o *software* Access (Microsoft), que apresenta dados de 610 poços, dos quais foram visitados em campo 344 poços, visando uma atualização das informações existentes e a seleção de poços para a amostragem de águas subterrâneas.

O banco de poços tubulares apresenta informações gerais, geológicas, construtivas e de qualidade da água dos poços, além de informações adquiridas e medidas efetuadas na etapa de campo, tendo auxiliado, inclusive, na elaboração do mapa de vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação.

Foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em 50 (cinquenta) poços que, juntamente com os dados de análises químicas da água de poços tubulares efetuadas por outras entidades, auxiliaram a caracterização da qualidade natural das águas do SAG e a identificação de possíveis alterações em relação aos limites estabelecidos pelas legislações vigentes.

Além desse banco de dados alfanuméricos, elaborado em Access, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado como ferramenta para visualização integrada das informações espaciais. A criação do banco em ambiente SIG e Access permite uma variada gama de consultas (*Queries*), de acordo com a necessidade do usuário – consulta de poços por município, por UGRHI, por formação geológica, entre outras -.

A vulnerabilidade natural à contaminação do SAG foi avaliada com base no método GOD (FOSTER, 1987; FOSTER & HIRATA, 1988, *apud* FOSTER *et al.*, 2006), que considera alguns parâmetros do sistema aquífero, como o grau de confinamento hidráulico (G), ocorrência dos estratos de cobertura ou características litológicas (O) e distância até o nível freático (D). É importante conhecer o grau de vulnerabilidade à contaminação do aquífero, para possibilitar a delimitação de zonas de restrição para certos tipos de atividades.

As atividades potenciais de contaminação foram avaliadas nas duas formas possíveis de ocorrência: pontuais e difusas. Em relação às fontes pontuais de contaminação, foram consideradas as atividades industriais, os postos de combustível, as lagoas de tratamento de efluentes, os locais de disposição de resíduos sólidos e as minerações. Já em relação às fontes difusas, considerou-se o saneamento *in situ* e as atividades agrícolas. Essas informações foram obtidas de diversas fontes, entre outras: Sistema de Fontes de Poluição (Sipol), fornecido pela Cetesb; consultas aos processos de licenciamentos de empreendimentos nas Agências Regionais da Cetesb; Relatório da Qualidade das Águas Interiores (CETESB, 2009) e Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Estado de São Paulo (SMA, 2009).

Essas atividades potencialmente poluidoras foram avaliadas e classificadas em diferentes graus potenciais de contaminação, conforme o método POSH (acrônimo em inglês de *pollutant origin, surcharge hydraulically*), que se baseia na origem do poluente e sua sobrecarga hidráulica (FOSTER, 1987; FOSTER & HIRATA, 1988, *apud* FOSTER *et al.*, 2006).

Além das atividades potencialmente poluidoras foram levantadas informações acerca das áreas já declaradas contaminadas (CETESB, 2008) existentes na região de estudo.

A interação dos dados da vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante que é, será ou poderá ser aplicada ao subsolo como resultado de atividades humanas permite uma avaliação das áreas mais sensíveis da APRM e que necessitarão de atenção especial, e, até mesmo, a proposição de ações prioritárias, visando estudos mais detalhados.

Todas as etapas descritas anteriormente, incluindo a elaboração da proposta da Minuta de Lei Específica para a criação da APRM-SAG, foram entremeadas por reuniões e discussões técnicas, junto ao Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT), composto por representantes da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA) – com representantes da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA), por intermédio do seu Departamento de Planejamento Ambiental; da Coordenadoria de Recursos Hídricos (CRHi); da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb); e do Instituto Geológico (IG); e da Secretaria de Estado de Saneamento e Energia (SSE) – com representante do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Nesse sentido, a Minuta de Lei Específica e o PDPA-SAG apresentarão o zoneamento da APRM-SAG, delimitando Áreas de Intervenção, de modo a permitir o uso e ocupação adequada

para cada zona estabelecida, por meio de diretrizes, metas e programas, principalmente no que se refere ao controle do uso e da qualidade das águas desse importante manancial.

## 4. RESULTADOS

O PDPA-SAG encontra-se em fase de elaboração, entretanto resultados parciais já foram alcançados. Nesse sentido, apresenta-se a seguir uma breve caracterização da APRM-SAG, com ênfase nas questões relacionadas à vulnerabilidade natural à contaminação do SAG e as formas atuais de ocupação do território, e a proposta das Áreas de Intervenção.

### 4.1 Diagnóstico Ambiental da APRM-SAG

Em termos geomorfológicos, vale ressaltar a importância da província de *Cuestas* Basálticas ocorrente na área de afloramento do SAG, que corresponde a 60% da área, principalmente pelo seu valor ambiental intrínseco (PONÇANO *et. al.*, 1981; modificado por IPT, 2009). Nesse sentido, deve-se enfatizar o potencial cênico e turístico da área de *cuestas*, e estabelecer diretrizes para a ocupação das bordas das escarpas.

Referente à disponibilidade hídrica, os estudos de OEA (2009) concluem que nas porções de aquífero livre os volumes de água são maiores, capazes de atender plenamente as demandas atuais e futuras, ainda que crescentes. Fica evidente que o maior potencial do SAG está associado às áreas próximas das zonas de recarga e afloramento. Nessas áreas, o estudo afirma que a qualidade da água é boa, sendo classificada como água jovem, de circulação rápida, geralmente potável e de composição bicarbonatada cálcica e, secundariamente, cálcico-magnésiana e cálcico-sódica.

Os resultados da avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do SAG demonstraram que a área é vulnerável à contaminação em diferentes graus, tendo o índice variado de Médio-baixo até Alto-alto. O índice Alto ocorre, principalmente, nas proximidades das principais drenagens, onde os níveis d'água são menores que 20m, representando 25% da área do SAG.

Entre as unidades analisadas, os maiores índices de vulnerabilidade são observados para a Formação Botucatu, devido à sua constituição arenosa, que apresenta baixo teor de argila e possui um caráter homogêneo.

Sabe-se que cada forma de uso e ocupação do solo apresenta potencial distinto de contaminação das águas subterrâneas. O mapeamento do uso e ocupação do solo e a quantificação das classes demonstram o predomínio da classe campo antrópico na APRM-SAG. As áreas de mata, por sua vez, representam parcela importante da área de estudo, devendo-se destacar, no entanto, que

essas estão concentradas na porção sul da área, indicando uma região mais preservada. Pode-se considerar como significativa, ainda, a parcela das áreas de cultura semi-perene, existindo o predomínio do cultivo de cana-de-açúcar.

Uma vez que em uma importante parcela da APRM-SAG ocorrem atividades de pastagem e agricultura, e que as atividades agrícolas utilizam quantidades significativas de agrotóxicos, deve-se incentivar melhores práticas agrícolas, com o uso controlado de agroquímicos, visando à proteção do SAG.

Vale ressaltar que as áreas urbanas das cidades de maior porte - Piracicaba, Rio Claro, Araraquara, São Carlos, Ribeirão Preto, Franca, entre outras – não estão localizadas, ou possuem apenas uma parcela de suas áreas, na APRM-SAG. Isso minimiza possíveis contaminações difusas oriundas da ausência de rede coletora de esgoto, devido ao saneamento *in situ*, e possibilita, ainda, que um significativo número de empreendimentos (fontes pontuais) não esteja localizado na área de afloramento do SAG.

Os resultados parciais do diagnóstico da APRM-SAG apontam que, no âmbito regional, a situação atual é satisfatória, considerando-se aspectos relacionados à qualidade e à disponibilidade da água, tendo-se identificado, no entanto, alterações pontuais da qualidade natural das águas do aquífero.

Visando à manutenção da qualidade e quantidade da água e na busca do desenvolvimento sustentável, devem-se considerar os cenários futuros para que sejam previstas as devidas intervenções e o planejamento adequado da ocupação do território.

Nesse sentido, pode-se considerar que o cenário futuro aponta para as seguintes questões, entre outras:

- aumento dos volumes explorados, visto que o manancial subterrâneo é visto como uma fonte alternativa para captação de água;
- aumento das fontes potenciais de contaminação, pontuais e difusas, na parcela mais vulnerável do aquífero, considerando os diferentes tipos de uso e ocupação do território numa região em crescente desenvolvimento no Estado de São Paulo.

## **4.2 Áreas de Intervenção**

O panorama apresentado justifica o estabelecimento de instrumentos de gestão que possam garantir o desenvolvimento sustentável da área de afloramento do SAG. Nesse contexto, urge a necessidade de criar, por meio de Lei Específica, a Área de Proteção e Recuperação da Zona de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani (APRM-SAG).



Na APRM-SAG devem-se estabelecer restrições e controle do uso e ocupação do solo, considerando a vulnerabilidade do aquífero e a importância do sistema no contexto regional. Para tanto, foi proposta a delimitação das Áreas de Intervenção, com suas respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas, compatíveis com a proteção e recuperação do SAG. Na área de estudo, as Áreas de Intervenção foram divididas em: Áreas de Restrição à Ocupação (ARO); Áreas de Ocupação Dirigida (AOD) e Áreas de Recuperação Ambiental (ARA).

Vale ressaltar que a complexidade da área de estudo, devido a sua extensão e número de municípios envolvidos, que possuem características e interesses distintos, dificultou uma proposta de delimitação de Áreas de Intervenção que considerasse a especificidade de cada região. Nesse sentido, a proposta possui caráter regional, devendo ser considerada como o início do processo de disciplinamento territorial da APRM-SAG.

As AROs são aquelas de essencial interesse para a proteção dos recursos hídricos do SAG, sendo consideradas como de preservação permanente e restrição máxima à ocupação. Nessa categoria, foram enquadradas as Unidades de Conservação de Proteção Integral, definidas pela do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, as Áreas de Preservação Permanente (APP) e de reserva legal e outras áreas declaradas pelo Poder Público como de especial interesse para a preservação ambiental e dos recursos hídricos.

A AOD é constituída pelas áreas de interesse para consolidação ou a implantação de usos rurais ou urbanos. A fim de compatibilizar a necessária proteção das áreas vulneráveis e a manutenção da recarga natural direta do SAG com a diversidade de ocupação na APRM, foi necessária uma subdivisão da AOD em 3 (três) categorias, tendo-se estabelecido: Subárea de *Cuestas*, que compreende a faixa de escarpas das *cuestas* basálticas presentes na área de estudo; Subárea de Proteção Especial, que compreende as áreas consideradas altamente vulneráveis à contaminação, destinadas à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; e Subárea de Ocupação Controlada, que compreende as demais áreas da categoria AOD.

As ARAs, por sua vez, representam áreas com ocupação em condições incompatíveis com a proteção da APRM-SAG, pela possibilidade de comprometimento da quantidade e qualidade das suas águas, exigindo intervenções de caráter corretivo. As ARAs compreendem as áreas degradadas, as áreas sem infraestrutura urbana, as áreas contaminadas, entre outras, podendo estar localizadas tanto nas AROs e AODs.

No entanto, apesar da delimitação das Áreas de Intervenção e estabelecimento de determinadas restrições, vale destacar as possíveis dificuldades que serão encontradas para a gestão da APRM-SAG, principalmente devido à ausência de mecanismos básicos de decisão integrada. O PDPA é o instrumento que estabelecerá, para a APRM e respectivas Áreas de Intervenção,

orientações e diretrizes para a proteção da parcela mais vulnerável desse importante manancial subterrâneo.

A especificidade da APRM-SAG, que além de ser a primeira APRM estabelecida visando à proteção de um manancial subterrâneo, envolve 107 (cento e sete) municípios, com particularidades distintas, compreendendo uma extensa área territorial, o que exige um planejamento articulado e que consiga conciliar interesses divergentes.

Dada essa complexidade, o estabelecimento de um cenário desejável para a ocupação da área, a ser alcançado por meio de diretrizes, metas e programas deve também ser considerado de maneira diferenciada. Verifica-se o aumento gradual no uso da água do SAG e, também, a potencial alteração da qualidade da água do aquífero, por conta das fontes difusas, ainda pouco estudadas no Brasil.

O estabelecimento de cenários de ocupação depende de uma série de fatores, tais como: o entendimento do mecanismo de recarga do aquífero, o comportamento dos poluentes difusos em subsuperfície, a evolução da população e da demanda pela água por atividades desenvolvidas, entre outros. Numa área tão extensa como a APRM-SAG, integrar essas variáveis representa uma árdua tarefa.

O grande desafio do planejamento e gestão da ocupação nas áreas de afloramento do SAG é estabelecer critérios e parâmetros claros e mensuráveis de controle e monitoramento dos processos de uso do solo em suas diferentes atividades e formas.

Por esse motivo, serão apresentadas, quando da conclusão do Projeto PDPA-SAG, as diretrizes e medidas regionais de controle da ocupação do território conjugadas a ações voltadas à recuperação e prevenção de situações existentes que acarretam impactos negativos a esse manancial.

Destaque-se a dificuldade durante o processo de compilação das informações existentes, que corrobora para a importância de atualizar e padronizar os dados sobre os poços tubulares na área de afloramento da APRM-SAG. Associar informações consistentes dos aspectos construtivos, hidrogeológicos e de qualidade da água, possíveis fontes de contaminação, o uso e ocupação do solo e as tendências de crescimento da área é fundamental para a proposição de metas e programas para proteção das águas subterrâneas.

Ressalte-se que o sucesso das recomendações a serem apresentadas depende, principalmente, da integração e cooperação entre os responsáveis e demais envolvidos nas ações de proteção e recuperação dos mananciais. Além disso, deve-se considerar o grau de prioridade dada às atividades e a real viabilidade das medidas de controle necessárias.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A criação da Área de Proteção e Recuperação de Manancial (APRM-SAG) é de interesse estratégico, tanto pelo significado em termos da recarga do aquífero, como também pelo potencial de contaminação das atividades que ali se desenvolvem. Nesse sentido, o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo (PDPA) busca contribuir para um novo modelo de gestão coordenada, fornecendo orientações e diretrizes para a ocupação em cada Área de Intervenção delimitada.

O grande desafio para a gestão da APRM-SAG compreende em articular e implementar as ações das políticas estabelecidas no âmbito regional, de responsabilidade do Estado, com as ações de âmbito local, de responsabilidade dos municípios. As indicações a serem apresentadas no PDPA são fundamentais para o estabelecimento de medidas de intervenção, a fim de evitar que as águas subterrâneas sejam comprometidas, principalmente por alterações da qualidade natural, decorrentes do inadequado uso e ocupação do solo nas áreas mais vulneráveis.

A lei de proteção e recuperação dos mananciais – Lei Estadual nº 9.866/97 – indica que é necessário conciliar as políticas urbanas às políticas de recursos hídricos e ambientais em curso nas áreas protegidas, condição fundamental para a sua efetividade.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Julga-se muito oportuno agradecer ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro) pelo apoio financeiro, por intermédio do Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CORHI) e da Secretaria do Estado de Meio Ambiente (SMA) / Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA), ao Projeto Diagnóstico Ambiental para Subsídio ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. Agradece-se, também, ao Centro Nacional de Treinamento para o Controle da Poluição da Mineração (Cecopomin) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelas análises físico-químicas de água, e também às agências ambientais regionais (Araraquara, Bauru, Botucatu, Franca, Itapetininga, Jaboticabal, Pirassununga, Ribeirão Preto e São José do Rio Pardo) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), pela colaboração em disponibilizar informações sobre empreendimentos potencialmente poluidores. Agradece-se, ainda, ao Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) pela gentileza do fornecimento de dados de cadastro de poços. Por fim, agradece-se a todas as entidades municipais, estaduais e federais que vem contribuindo de alguma forma com o desenvolvimento do Projeto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSINE, M. L.; PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D. R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: MANTESSO-NETO, V. *et al.* (Org.). **Geologia do Continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. cap. V, p. 77-94.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Relação de Áreas Declaradas Contaminadas do Estado de São Paulo. São Paulo: Cetesb, 2008. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/relacao\\_areas.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.asp)>. Acesso em: mar. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2008**. São Paulo: Cetesb, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: mar. 2009.

FOSTER, S. *et al.* **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. Washington: Banco Mundial, 2006. 104 p.

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA. **Aquífero Guaraní: programa estratégico de ação** = Acuífero Guaraní: programa estatégico de acción – Edição bilíngüe. – Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai. OEA, 2009. 424p.

PONÇANO, W. L. *et al.* **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1: 1.000.000. São Paulo: IPT, 1981. 2 v. (Publicação, 1 183; Monografias, 5).

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SMA. **Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Estado de São Paulo**. Escala 1: 50.000. São Paulo: SMA, 2009.