SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

SECRETARIA DE
MEIO AMBIENTE

GOVERNO DE
SÃO PAULO

CADERNOS DO PROJETO AMBIENTAL ESTRATÉGICO AQUÍFEROS

SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

5

Sistema Aquífero Guarani

Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA

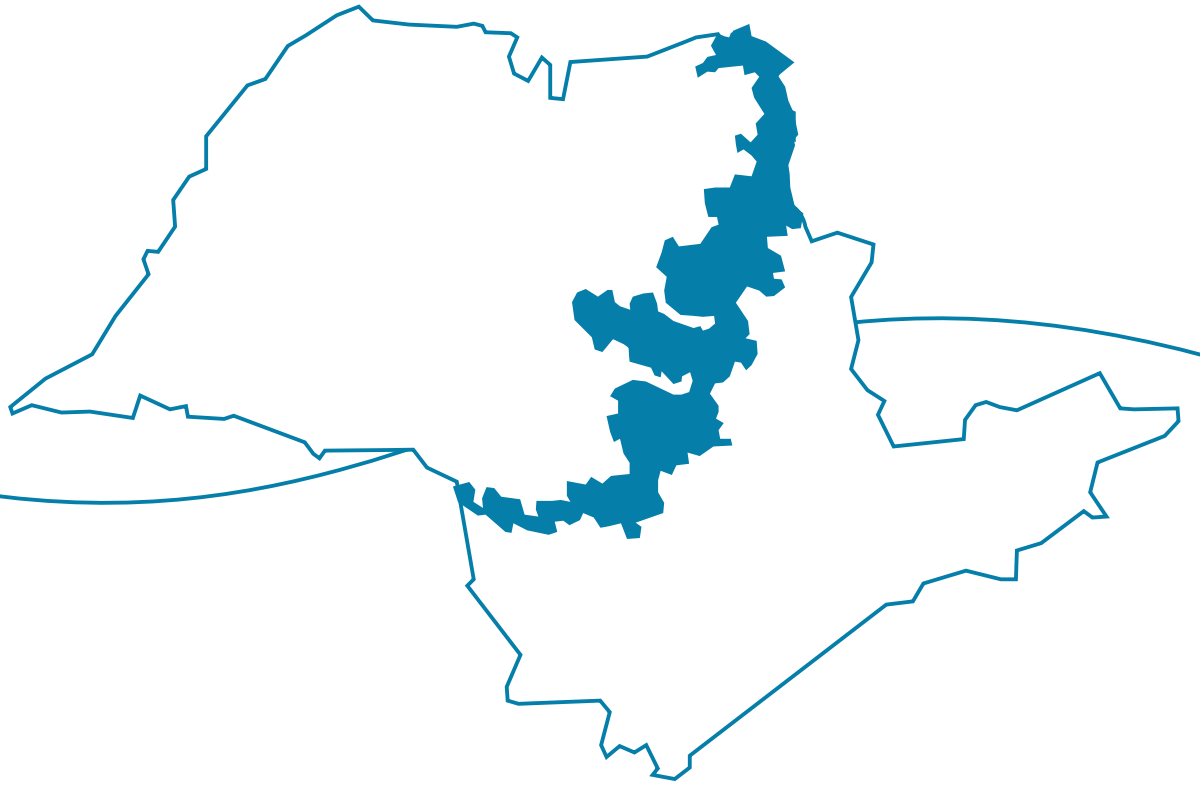
SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

CADERNOS DO PROJETO AMBIENTAL ESTRATÉGICO AQUÍFEROS
número 5

São Paulo 2011

Sistema Aquífero Guarani

Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

CADERNOS DO PROJETO AMBIENTAL ESTRATÉGICO AQUÍFEROS
número 5

São Paulo 2011

ISBN 978-85-09-00171-1

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Subsídios ao Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo/ [coordenação geral José Luiz Albuquerque Filho. -- São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: CPLA - Coordenadoria de Planejamento Ambiental, 2011. -- (Publicações IPT; 3012)

Vários colaboradores.
Bibliografia.

1. Aquífero Guarani 2. Águas subterrâneas - Preservação 3. Ecologia 4. Educação ambiental 5. Hidrogeologia 6. Homem - Influência ambiental 7. Meio ambiente 8. Recursos naturais - Conservação 9. Recursos hídricos - Desenvolvimento I. Albuquerque Filho, José Luiz.

11-03823 CDD-304.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Aquífero Guarani: Águas subterrâneas: São Paulo: Estado: Preservação ambiental 304.2

Governo do Estado de São Paulo

Governador Geraldo Alckmin

Secretaria do Meio Ambiente

Secretário Bruno Covas

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia

Secretário Paulo Alexandre Barbosa

Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT

Presidente João Fernando Gomes de Oliveira

FICHA TÉCNICA

Coordenação Geral
José Luiz Albuquerque Filho

Elaboração
Ana Maciel de Carvalho
Marina Costa Barbosa
Priscila Ikematsu

Produtos Cartográficos
Ana Candida Melo Cavani Monteiro

Revisão
Maria Cristina Jacinto de Almeida
Antonio Gimenez Filho

Colaboração Técnica
Grupo de Acompanhamento Técnico (GAT) do Projeto PDPA-SAG

Projeto Gráfico e Diagramação
Negrito Produção Editorial

Capa
Guilherme Mariotto

CTP, Impressão e Acabamento
Paginas & Letras - Editora e Gráfica Ltda.

Fotos cedidas
Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)
Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO PDPA-SAG

ELABORAÇÃO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

José Luiz Albuquerque Filho
Ana Candida Melo Cavani Monteiro
Ana Maciel de Carvalho
Carlos Geraldo Luz de Freitas
Maria Cristina Jacinto de Almeida
Marina Costa Barbosa
Priscila Ikematsu
Ayrton Sintoni
Isabel Cristina Carvalho Fiammetti
Pilar Carolina Villar
Vilma Alves Campanha
Nivaldo Paulon
Sergio Gouveia de Azevedo
Deborah Terrell
Antonio Gimenez Filho
Fausto Luis Stefani
Tânia de Oliveira Braga
Omar Yazbek Bitar
Ana Maria de Azevedo Dantas Marins
Antônio José Catib Baladore
Benedito Nachbal
Cristiane Incau Pinto Pimentel – estagiária
Danielle Coimbra Moreira – estagiária
Lívia Navarro de Mendonça – estagiária
Juliana da Silva Lopes – estagiária
Simone Affonso da Silva – estagiária
Tom Adamenas e Pires – estagiária
Vivian Heller Weiss – estagiária

COLABORAÇÃO

Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Antônio Theodorovicz
Ângela Maria de Godoy Theodorovicz
Armando Teruo Takahashi
Lauro Gracindo Pizzati
Marina das Graças Perin
Osamu Maeyama
Vilmário Antunes da Silva
José Fernando Pires dos Santos
Francisco N. Lopes
Vitório R. de Jesus
Ana Veidembaum

SMA/IG

Cláudia Varnier

Laboratório de Modelos Físicos (Lamo) IGc-USP

GRUPO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO (GAT)

SMA/CPLA

André Kovacs
João Paulo Amaral
Marco Antonio Gomes
Marta Pereira Militão da Silva
Rafaela Di Fonzo Oliveira

SMA/CRHi

Gerôncio Rocha

SMA/IG

Mara Akie Iritani
Márcia Maria Nogueira Pressinotti

Cetesb

Geraldo Gilson de Camargo
Mauro Kazuo Sato
Marilda de Sousa Soares
Rosângela Pacini Modesto

DAEE/DRH

Ana Maria Gennari
José Eduardo Campos

Apresentação

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente traz à sociedade paulista o Relatório Síntese do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) para o Sistema Aquífero Guarani (SAG). O Plano visa, em consonância com as orientações de proteção aos mananciais, estabelecer ações técnicas e políticas para controlar e orientar atividades potencialmente danosas à porção aflorante do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.

O conjunto de diretrizes deste PDPA se pautou pelo uso sustentável das águas subterrâneas no Estado de São Paulo – que abastece aproximadamente 80% dos municípios paulistas – evitando a exploração onerosa ao meio ambiente e oferecendo ao Estado um instrumento que permita gerir e planejar estrategicamente as regiões de afloramento e recarga do SAG. O conteúdo do Plano foi precedido por levantamentos geológicos e socioambientais, que ofereceram um panorama amplo de uma área do Estado de São Paulo (aprox. 143.000 km^2) e, ainda, possibilitaram a correta definição dos limites e ações do PDPA.

A proteção das águas subterrâneas no Estado de São Paulo é de fundamental importância para a garantia e a segurança do conjunto dos recursos hídricos em um futuro próximo. O uso específico deste recurso – águas subterrâneas – deve ser objeto de programas do mesmo modelo deste PDPA, que viabilizem a sua utilização consciente e parcimoniosa, sem que se perca o norte que deve orientar esta prática: a conservação e proteção dos aquíferos no Estado de São Paulo.

Bruno Covas
Secretário de Estado do Meio Ambiente

Sumário

Capítulo 1

POR QUE PROTEGER A ÁGUA SUBTERRÂNEA?

Mais da metade da água utilizada para o abastecimento público no Brasil provém das reservas subterrâneas, sendo o Estado de São Paulo, atualmente, o maior usuário do país. Cerca de 80% dos municípios paulistas são abastecidos, mesmo que parcialmente, por água subterrânea (CETESB, 2010). No cenário atual, a água subterrânea torna-se cada vez mais importante para o abastecimento, sendo uma fonte estratégica para os diferentes tipos de usos, além de desempenhar papel fundamental para o bem-estar tanto dos seres humanos como dos muitos ecossistemas aquáticos.

DEFINIÇÃO

A **água subterrânea** é a água que existe abaixo da superfície do terreno e que circula em espaços vazios, por exemplo, poros, preenchendo-os totalmente. A porção do subsolo onde a água subterrânea ocorre é denominada de zona saturada, constituindo os aquíferos.

Aquífero é um reservatório subterrâneo de água, constituído por uma unidade geológica, que possui poros interconectados em meio ao seu arcabouço sólido, totalmente preenchidos com água. Essa água, assim armazenada, circula continuadamente no meio e pode ser aproveitada para atendimento dos mais diversos usos.

Além disso, a utilização de água subterrânea tem inúmeras vantagens em relação à água superficial, pois se encontra mais protegida contra possíveis contaminantes, está menos sujeita às variações sazonais, além de ter o custo de captação relativamente menor para pequenas e médias demandas, entre outras vantagens.


Foto: CPRM

Entretanto, o uso intensivo e descontrolado da água subterrânea pode provocar a superexplotação, ocasionando esgotamento do manancial e podendo ocasionar efeitos colaterais, tais como desaparecimento de nascentes, perdas de poços, diminuição da umidade natural dos solos, desequilíbrio no regime de descarga de base dos rios, recalque e subsidência dos terrenos, entre outros. Além disso, o uso inadequado do solo pode gerar contaminação dos aquíferos, impermeabilização excessiva dos terrenos, com consequente diminuição da recarga natural, entre outros impactos.

Por esses motivos, é necessária a proteção dos mananciais subterrâneos. Os processos de remediação devem ser, ao máximo, evitados, em virtude de complexidades técnicas, dos custos financeiros elevados e dos pesados encargos operacionais. E, também, um aquífero depois de submetido a um processo de esgotamento tende a não mais recuperar as suas condições anteriores de armazenamento de água.

A melhor opção é implementar a gestão visando o uso sustentável das águas subterrâneas, por meio de políticas públicas articuladas entre os diferentes níveis governamentais e a sociedade civil organizada.

O SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é considerado um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, estendendo-se por uma área de aproximadamente 1.087.879 km². A maior parcela do SAG está localizada em território brasileiro (71%). No entanto, existe uma considerável porção na Argentina (19,1%), e porções menores no Paraguai (6,1%) e Uruguai (3,8%) (OEA, 2009).

No Brasil, o SAG ocorre em uma área de 735.917 km², abrangendo parte de oito estados das regiões sul, sudeste e centro-oeste, a saber: Rio Grande do Sul; Santa Catarina; Paraná; São Paulo; Minas Gerais; Mato Grosso; Mato Grosso do Sul; e Goiás (OEA, 2009). No Estado de São Paulo, a área de ocorrência do SAG (afloramento e confinamento) é estimada em aproximadamente 143.000 km² (OEA, 2009).

As formações geológicas que constituem o SAG datam de cerca de 130 milhões de anos e no Brasil compreendem duas unidades: Botucatu e Piramboia. Na sua porção basal ocorre a Formação Piramboia e no topo ocorre a Formação Botucatu.

Localização do Sistema Aquífero Guarani

Exposição da Formação Piramboia na margem da Rodovia Castelo Branco

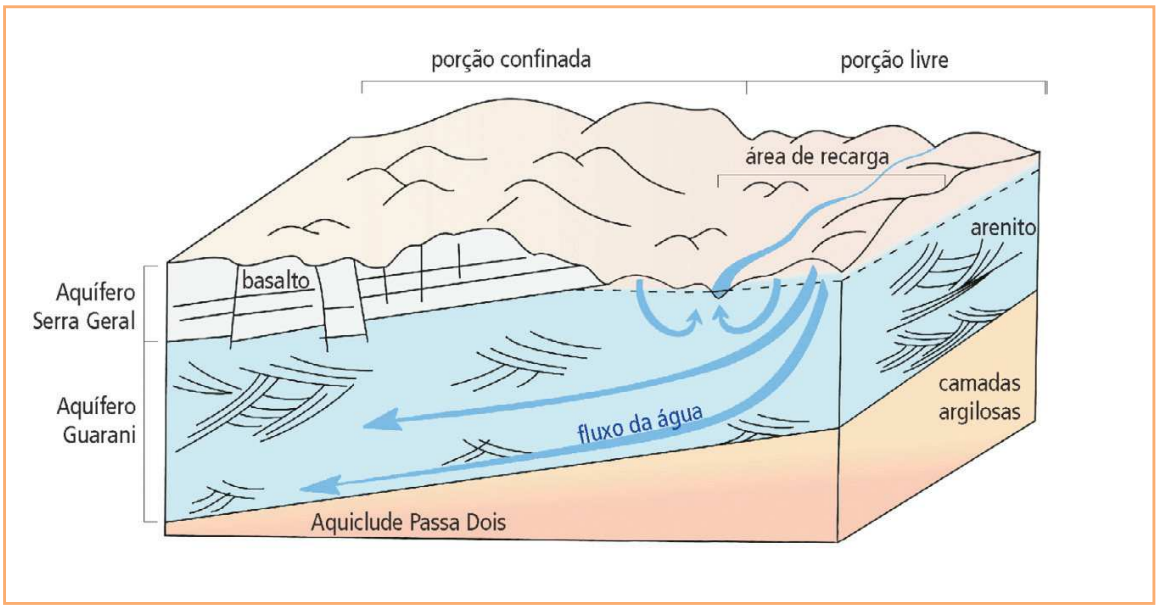
A Formação Botucatu é constituída por arenitos de granulação fina a média, avermelhados, com grãos de alta esfericidade e bem selecionados, consequentes de dunas eólicas com estratificações cruzadas de grande porte (IPT, 1981). Já a Formação Piramboia é constituída por arenitos de granulação fina a média, localmente grossos e conglomeráticos, com fácies sedimentares que apresentam silte e argila depositados em ambiente flúvio-lacustrino e eólico. Ocorre estratificação cruzada planar e acanalada e plano-paralela (Caetano-Chang & Wu, 1992, Milani et al., 1994, Gianini et al., 2004).

Devido às características dos sedimentos, o SAG possui grande quantidade de poros interconectados, enquadrando-se como sistema aquífero sedimentar e/ou granular, que possui uma elevada capacidade de armazenar e fornecer água, refletindo ótima produtividade ao sistema (Rocha, 2005).

O SAG é regionalmente livre na sua porção aflorante, com aproximadamente 15.000 km², a dominantemente confinado, com aproximadamente 128.000 km², constituindo um pacote contínuo desde sua área de afloramento, em uma faixa norte-sul na região centro-leste do Estado de São Paulo, até o seu extremo oeste, onde extrapola os limites do Estado. A característica de confinamento é devido a presença de camadas constituídas por rochas basálticas, do Aquífero Serra Geral, que ocorrem superpondo as camadas que compõem o sistema e, também, de rochas sedimentares de baixa permeabilidade, do Aquiclude Passa Dois, que ocorrem na base do sistema.

A principal área de recarga do SAG corresponde à sua porção aflorante, onde a água da chuva cai sobre a superfície do terreno e se infiltra diretamente no aquífero. Assim, o fluxo da água subterrânea segue da porção de afloramento, a leste, para a região oeste do Estado de São Paulo onde se localiza o Rio Paraná.

Modelo conceitual de circulação da água no SAG a partir da sua área de afloramento



Fonte: modificado de Iritani & Ezaki (2009).


Foto: IPT

DEFINIÇÃO

O **aquífero livre** (ou freático, ou não confinado) normalmente ocorre mais próximo à superfície dos terrenos. A zona saturada tem conexão hidráulica direta com a zona não saturada, ficando submetido apenas à pressão atmosférica. Assim, a água que se infiltra no solo atravessa a zona não saturada e recarrega diretamente o aquífero livre.

O **aquífero confinado** é limitado no topo e na base por camadas de rocha de baixa permeabilidade. Nesse caso, o aquífero está submetido a uma pressão maior que a atmosférica, devido a uma camada confinante acima dele.

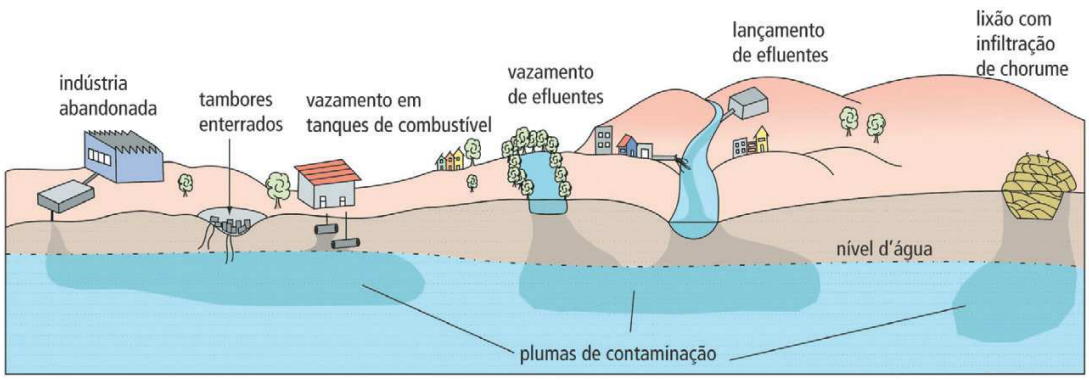
POR QUE PROTEGER A ÁREA DE AFLORAMENTO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI?

No cenário de crescente utilização da água subterrânea para o abastecimento, destaca-se o SAG, o maior reservatório subterrâneo do Estado de São Paulo e um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo, com potencial explotável em torno de 40 km^3/ano (OEA, 2009).

As áreas de afloramento do SAG, onde ocorre recarga direta do aquífero, representam regiões onde o aquífero encontra-se mais vulnerável à contaminação. Já a porção confinada do SAG é mais protegida de possíveis atividades poluidoras, devido a presença de coberturas de rochas basálticas.

Nessas regiões mais vulneráveis existem áreas de relevo plano e suave ondulado, sustentadas por espessos solos arenosos, muito friáveis, permeáveis e de baixa capacidade de reter poluentes. Por isso, se a água da chuva se infiltra diretamente, recarregando o aquífero na sua porção livre, o mesmo acontece caso, eventualmente, algum material potencialmente contaminante estiver na camada não saturada, acima do nível d'água subterrânea.

Exemplos de fontes potenciais de poluição



Fonte: Iritani & Ezaki (2009).

Dessa forma, o uso e a ocupação inadequada do solo podem comprometer, no médio e longo prazo, a qualidade da água subterrânea (Gomes, 2008).

Visando a proteção do SAG, tanto na área de recarga, mais vulnerável, como na região confinada, fica evidente a necessidade do disciplinamento da ocupação territorial na sua área de afloramento. Portanto, medidas de proteção são necessárias para a manutenção da qualidade natural das águas.

Foto: CPRM

Solos arenosos na área de afloramento do SAG

Capítulo 2

GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS E A PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS

A gestão da água subterrânea não pode ser efetuada sem considerar a integração com as águas superficiais (rios, lagos, represas), pela própria interconexão dos dois sistemas. Isso é necessário porque não existem corpos ou fases da água isoladas na natureza. Pelo contrário, as águas meteóricas, superficiais e subterrâneas fazem parte do mesmo ciclo; assim, é que, por exemplo, nos períodos de estiagem a água nos rios é garantida pela alimentação vinda do subsolo, dos aquíferos.

No Estado de São Paulo, a gestão dos recursos hídricos é norteada pela Lei Estadual nº 7.663/91, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos e as diretrizes para uma gestão descentralizada, participativa e integrada.

IMPORTANTE

Alguns princípios da Lei Estadual n. 7.663/91:

I – Gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos, superficial e subterrâneo.

II – Adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento.

III – Reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada.

IV – Compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente.

Para a aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos, o Estado de São Paulo foi divido em 22 (vinte e duas) UGRHIs, para as quais existem 21 (vinte e um) Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs). As UGRHIs correspondem a bacias hidrográficas ou são constituídas por partes de bacias hidrográficas ou, ainda, por um conjunto delas.

No Estado de São Paulo, as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) foram criadas com o intuito de favorecer o planejamento e a utilização integrada dos recursos hídricos, buscando a resolução de conflitos, o equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água e a manutenção de uma boa qualidade da água, entre outros aspectos que possibilitem a garantia de água tanto para as populações atuais, como para as futuras gerações.

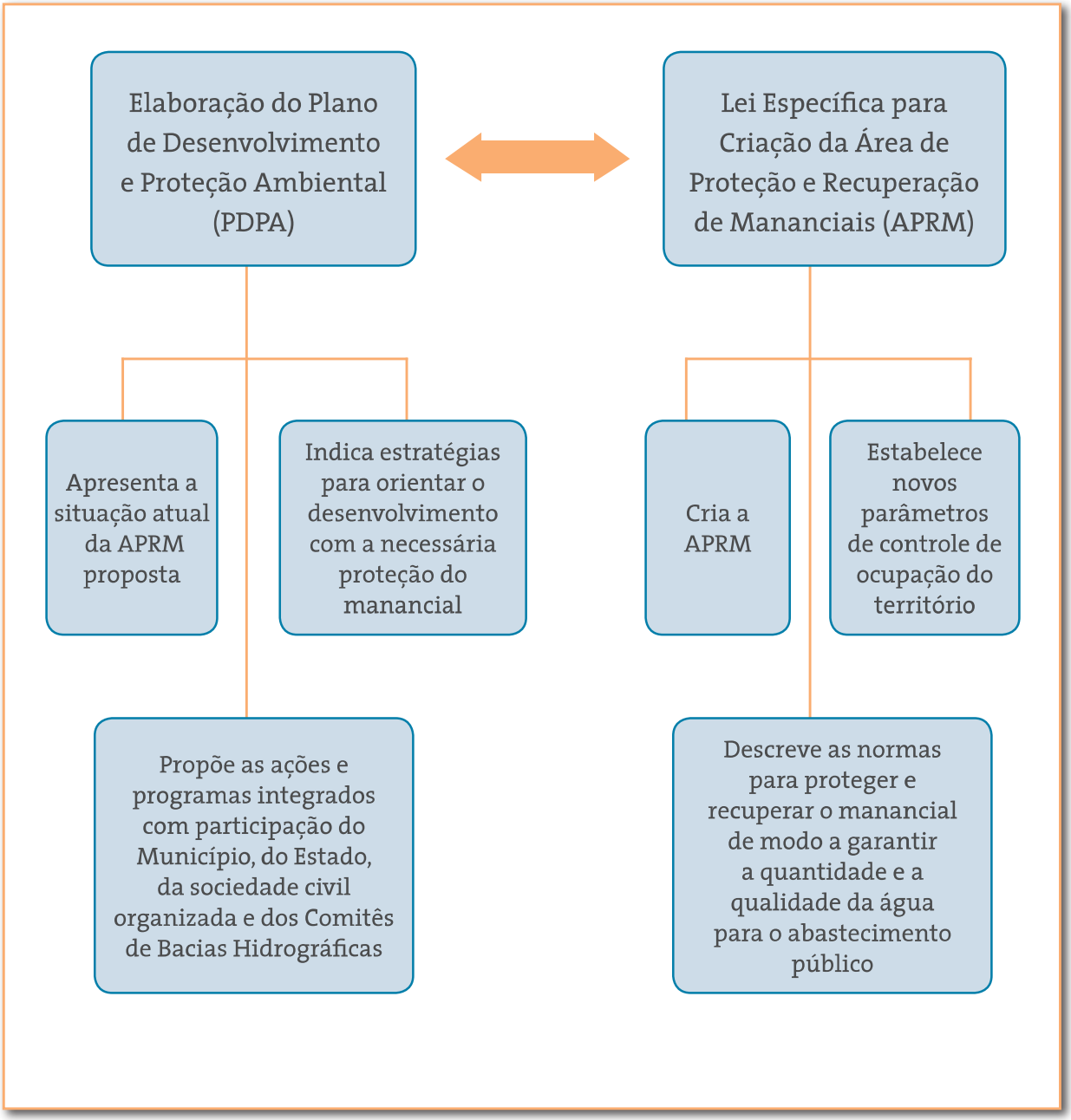
Especificamente visando à gestão dos mananciais de interesse regional no Estado de São Paulo, foi estabelecida a Lei Estadual nº 9.866/97, denominada "Nova Lei de Mananciais". Em atendimento a essa lei, devem ser criadas no Estado Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRMs). Para cada uma das APRMs deverá ser elaborada uma lei específica que regulamentará a sua criação e norteará a sua ocupação.

DEFINIÇÃO

Mananciais de interesse regional são os corpos d'água, superficiais ou subterrâneas, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público de vários municípios ou de uma dada região.

A Lei Estadual nº 9.866/97 define alguns instrumentos e mecanismos capazes de atuar diretamente nos fatores sociais, econômicos e políticos que compõem a região e determina a estruturação e ocupação das áreas a serem protegidas. Os instrumentos são: (i) estabelecimento de leis específicas para cada APRM; (ii) formulação do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) de cada APRM; (iii) estabelecimento de orientações para a definição de mecanismos de compensação; bem como para a fiscalização, o monitoramento e a aplicação de penalidades.

Alguns instrumentos da Lei Estadual nº 9.866/97 (Lei de Proteção de Mananciais)



Capítulo 3

PROPOSTA DE CRIAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE MANANCIAIS – APRM

A Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) é um instrumento legal previsto na Lei Estadual nº 9.866/97. A sua delimitação e criação por meio de lei específica, visa a gestão do território, privilegiando as especificidades regionais e a descentralização das ações necessárias à recuperação e proteção dos mananciais.

As APRMs já criadas no Estado de São Paulo referem-se a bacias hidrográficas de mananciais superficiais (Reservatório de Guarapiranga, Billings, entre outros). A preocupação com o maior reservatório subterrâneo do Estado resultou na primeira proposta de criação de uma APRM para um aquífero, qual seja, para a área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo (APRM-SAG).

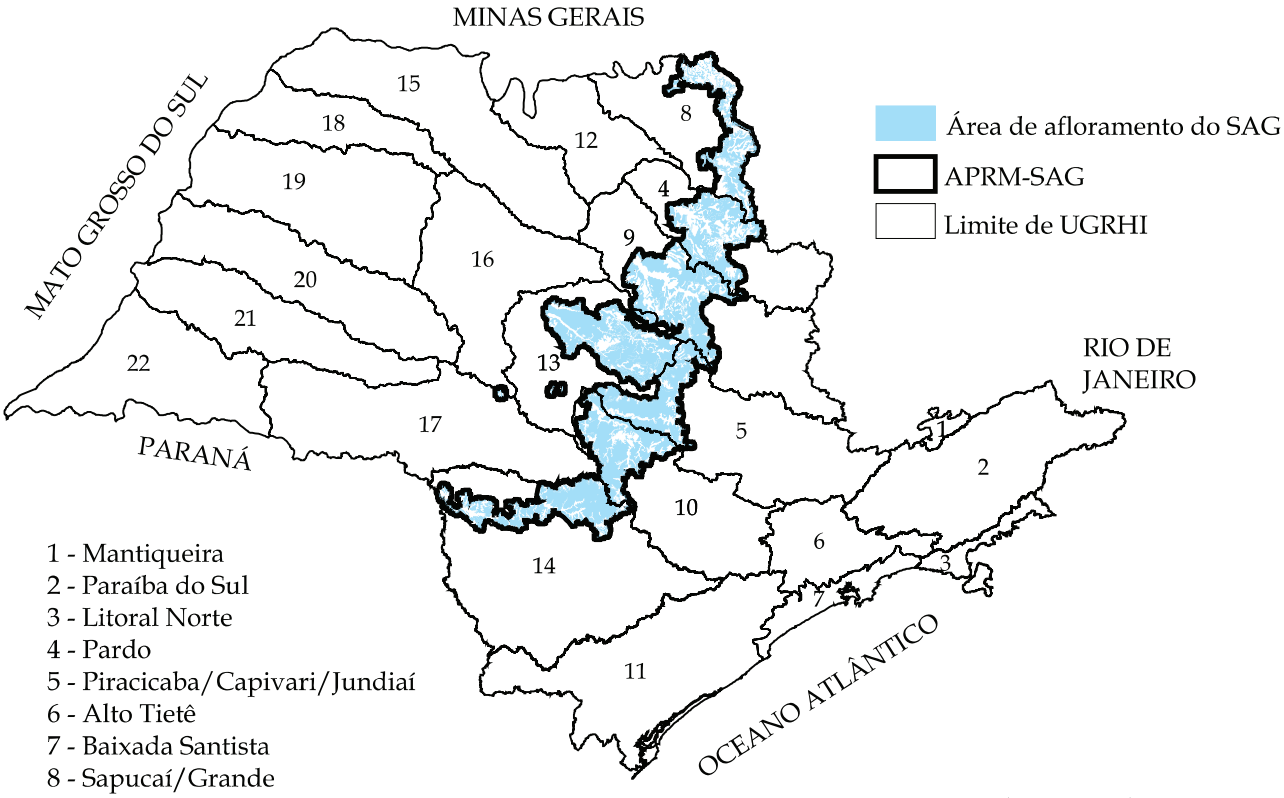
O Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) é um instrumento para subsidiar a gestão e deve fornecer orientações e diretrizes para a proteção da parcela mais vulnerável desse importante manancial subterrâneo. Para subsidiar a elaboração do PDPA da área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo foi realizado o levantamento e a análise de dados secundários, além do levantamento e interpretação de dados primários, visando à caracterização regional da APRM-SAG.

A APRM-SAG compreende a região denominada hidrogeologicamente de zona de afloramento do SAG, conforme conhecimento cartográfico atual na escala 1:250.000, acrescentando-se uma faixa de segurança de 2,0 km de largura ao longo de seu perímetro (*buffer*).

IMPORTANTE

O conhecimento gera a conscientização que possibilita a gestão: o PDPA visa proporcionar conhecimento técnico a todos os atores envolvidos no processo de gestão da APRM-SAG.

Delimitação da proposta da APRM-SAG



Porcentagem da área das UGRHIs na APRM-SAG

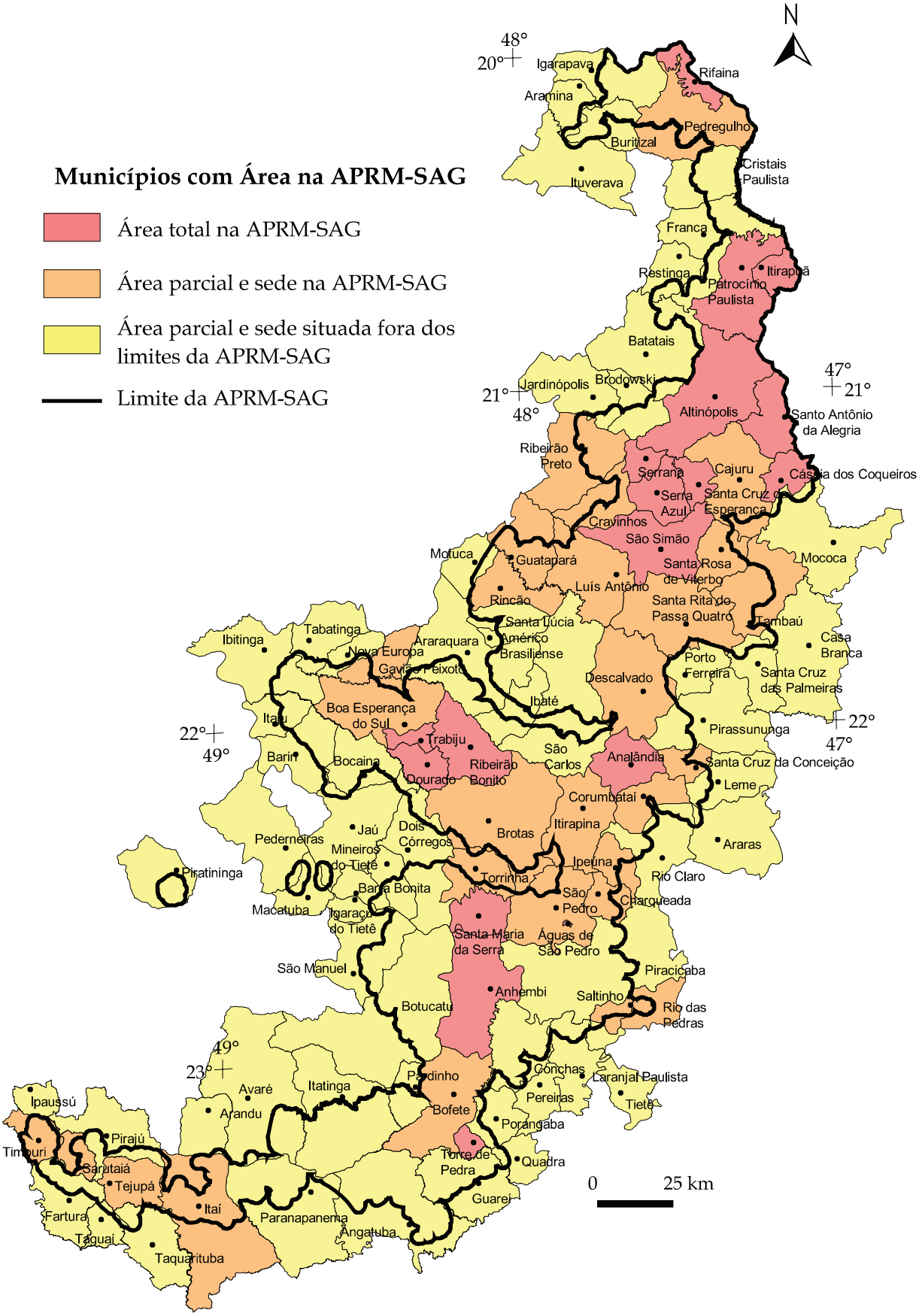
UGRHI	Área Total da UGRHI (km²)*	Área da UGRHI na APRM-SAG (km²)*	% da UGRHI na APRM-SAG*
04 - Pardo	8.976	3.500	39,0
05 - Piracicaba / Capivari / Jundiaí	14.141	2.984	21,1
08 - Sapucaí/Grande	9.175	3.376	36,8
09 - Mogi-Guaçu	15.025	4.484	29,8
10 - Tietê/Sorocaba	11.916	3.306	27,7
13 - Tietê / Jacaré	11.804	4.681	39,7
14 - Alto Paranapanema	22.774	3.688	16,2
16 - Tietê / Batalha	13.178	18	0,1
17 - Médio Paranapanema	16.808	18	0,4

* valores aproximados

Porcentagem da área dos municípios na APRM-SAG

MUNICÍPIO	%	MUNICÍPIO	%
Águas de São Pedro	100	Leme	16
Altinópolis	100	Luís Antônio	93
Américo Brasiliense	73	Macatuba	21
Analândia	100	Mineiros do Tietê	51
Angatuba	59	Mococa*	6
Anhembi	100	Motuca	17
Aramina	14	Nova Europa	22
Arandu*	2	Paranapanema	37
Araraquara	45	Pardinho	62
Araras*	2	Patrocínio Paulista	100
Avaré	17	Pederneiras*	3
Bariri	41	Pedregulho	73
Barra Bonita	17	Pereiras*	1
Batatais	19	Piracicaba	68
Boa Esperança do Sul	95	Pirajú	26
Bocaina	86	Pirassununga	22
Bofete	100	Piratininga	20
Botucatu	50	Porangaba	24
Brodowski	57	Porto Ferreira*	2
Brotas	90	Quadra	11
Buritizal	60	Restinga	18
Cajuru	89	Ribeirão Bonito	100
Casa Branca*	2	Ribeirão Preto	36
Cássia dos Coqueiros	100	Rifaina	100
Charqueada	71	Rincão	100
Conchas	83	Rio Claro	31
Corumbataí	98	Rio das Pedras	15
Cravinhos	56	Saltinho	66
Cristais Paulista	60	Santa Cruz da Conceição	73
Descalvado	97	Santa Cruz da Esperança	100
Dois Córregos	52	Santa Cruz das Palmeiras	15
Dourado	100	Santa Lúcia	81
Fartura	32	Santa Maria da Serra	100
Franca	57	Santa Rita do Passa Quatro	98
Gavião Peixoto	29	Santa Rosa de Viterbo	86
Guareí	57	Santo Antônio da Alegria	100
Guatapará	55	São Carlos	88
Ibaté	79	São Manuel	41
Ibitinga	24	São Pedro	89
Igaraçu do Tietê*	5	São Simão	100
Igarapava	63	Sarutaiá	52
Ipaussu*	2	Serra Azul	100
Ipeúna	68	Serrana	100
Itaí	35	Tabatinga	11
Itaju	43	Taguaí	13
Itatinga	62	Tambaú	51
Itirapina	95	Taquarituba	13
Itirapuã	100	Tejupá	100
Ituverava*	1	Tietê*	2
Jardinópolis	9	Timburi	71
Jaú	11	Torre de Pedra	100
Laranjal Paulista	22	Torrinha	41
		Trabiju	100

* Municípios que apresentam, na área da APRM SAG, porções de terreno bastante reduzidas (menor do que 8%), e localizadas na região rural.


Municípios com Área na APRM-SAG
Área total na APRM-SAG
Área parcial e sede na APRM-SAG
Área parcial e sede situada fora dos limites da APRM-SAG
Limite da APRM-SAG
N
48°
20°
Igarapava
Rifaina
Aramina
Pedregulho
Buritizal
Cristais Paulista
Ituverava
Franca
Restinga
Itirapuã
Patrocínio Paulista
Batatais
47°
21°
Jardinópolis
Brodowski
21°
48°
Altinópolis
Santo Antônio da Alegria
Ribeirão Preto
Serrana
Cajuru
Cássia dos Coqueiros
Serra Azul
Santa Cruz da Esperança
Cravinhos
São Simão
Mococa
Motuca
Guatapará
Santa Rosa de Viterbo
Luís Antônio
Rincão
Santa Rita do Passa Quatro
Santa Lúcia
Tambaú
Tabatinga
Ibitinga
Araraquara
Nova Europa
Américo Brasiliense
Casa Branca
Gavião Peixoto
Porto Ferreira
Descalvado
Santa Cruz das Palmeiras
Ibaté
Boa Esperança do Sul
Itapu
22°
49°
Trabiju
Pirassununga
22°
47°
Barra
Bocaina
Ribeirão Bonito
São Carlos
Analândia
Santa Cruz da Conceição
Dourado
Leme
Corumbataí
Itirapina
Jaú
Dois Córregos
Brotas
Araras
Pederneiras
Mineiros do Tietê
Piratininga
Ipeúna
Rio Claro
Torrinha
Barra Bonita
São Pedro
Charqueada
Macatuba
Igaraçu do Tietê
Santa Maria da Serra
Águas de São Pedro
São Manuel
Piracicaba
Anhembi
Saltinho
Botucatu
Rio das Pedras
49°
23°
Conchas
Laranjal Paulista
Avaré
Itatinga
Pardinho
Pereiras
Tietê
Ipaussú
Arandu
Bofete
Porangaba
Pirajú
Timburi
Torre de Pedra
Quadra
Sarutaiá
Tejupá
0
25 km
Guareí
Itaí
Fartura
Paranapanema
Ângatuba
Taquaí
Taquarituba

IMPORTANTE

A APRM-SAG foi delimitada de acordo com a área de ocorrência de um manancial subterrâneo e não a partir de limites das UGRHIs ou limites municipais, configurando, assim, uma nova proposta de planejamento territorial visando à proteção de um aquífero.

A APRM-SAG possui uma área de aproximadamente 26.000km² e compreende – parcial ou totalmente – o territórios de 105 municípios e de 9 UGRHIs.

A implementação da Lei Específica será gradual visto que:

- a APRM-SAG é extensa e possui regiões muito distintas entre si;
- a APRM-SAG objetiva a proteção de um manancial subterrâneo;
- a proteção de um aquífero depende das diferentes formas de uso e ocupação do solo que ocorrem na superfície do terreno;
- existe a necessidade de aprimoramento dos mecanismos básicos de decisão integrada, entre as esferas política, técnica e administrativa;
- existe, ainda, o desafio de articular as ações no âmbito regional, de responsabilidade do Estado e dos Comitês de Bacia Hidrográfica, e as ações de âmbito local, de responsabilidade dos municípios.

Capítulo 4

A OCUPAÇÃO ATUAL NA APRM-SAG

São apresentados neste capítulo os aspectos relativos ao uso e ocupação do solo na APRM-SAG, assim como informações relativas as áreas legalmente protegidas e informações socioeconômicas dos municípios nela inseridos.

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

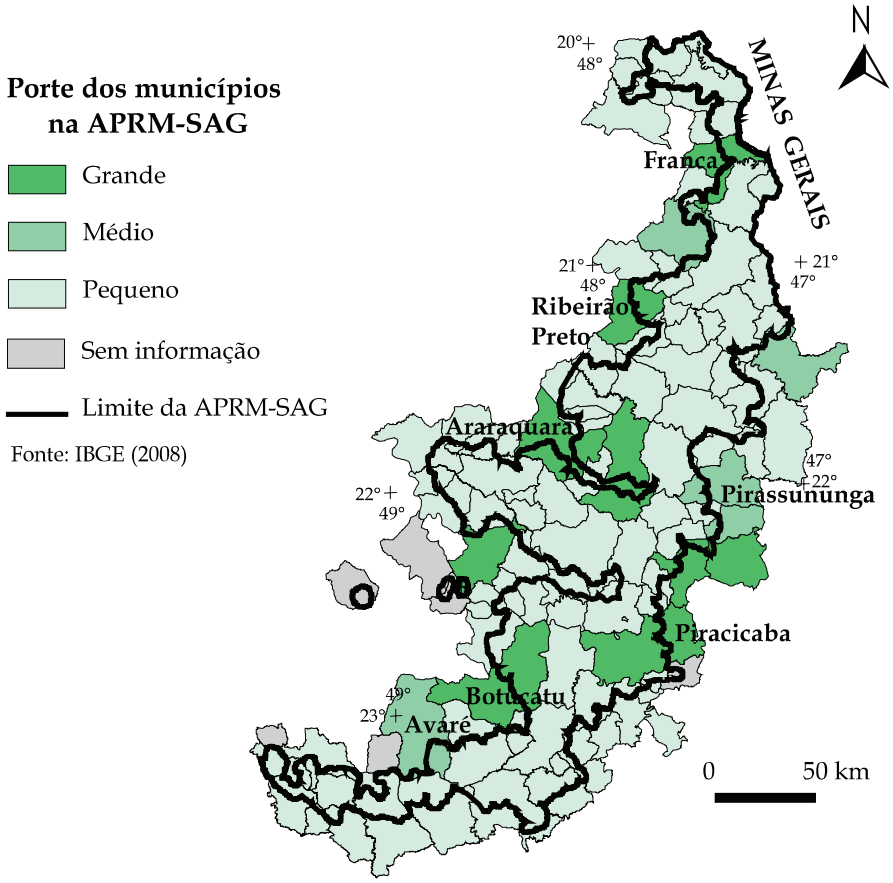
Aproximadamente 85% dos municípios inseridos na APRM-SAG possuem população inferior a 50 mil habitantes, sendo considerados municípios de pequeno porte (IBGE, 2008).

Na APRM-SAG, o município de Ribeirão Preto é o único município com mais de 500 mil habitantes, tendo 547.417 hab. Os municípios de Piracicaba (358.108 hab), Franca (332.109 hab), São Carlos (220.425 hab), Araraquara (198.079 hab), Rio Claro (191.135 hab), Jaú (125.469 hab), Botucatu (120.800 hab) e Araras (108.689 hab) representam importantes municípios da região (IBGE, 2008). Com exceção de Araras, esses municípios correspondem às sedes das Regiões de Governo do Estado de São Paulo, sendo, também, Ribeirão Preto e Franca se-

DEFINIÇÃO

De acordo com o contingente populacional pode-se classificar:

Municípios de pequeno porte: população menor que 50.000 hab.
Municípios de médio porte: população entre 50.000 e 100.000 hab.
Municípios de grande porte: população maior que 100.000 hab.



des de Regiões Administrativas. Como municípios de médio porte, observam-se Leme (84.406 hab), Avaré (80.026 hab), Mococa (66.086 hab), Pirassununga (67.087 hab) e Batatais (53.525 hab).

A Taxa Geométrica de Crescimento Anual (TGCA) 2000/2007 (IBGE, 2004; IBGE, 2008; Seade, 2009) apresentou tendência positiva para a maioria dos municípios inseridos, total ou parcialmente, na APRM-SAG. O Estado de São Paulo apresentou, para o mesmo período, TGCA de 1,04%, bem próxima da média dos municípios da área (1,03%).

IMPORTANTE

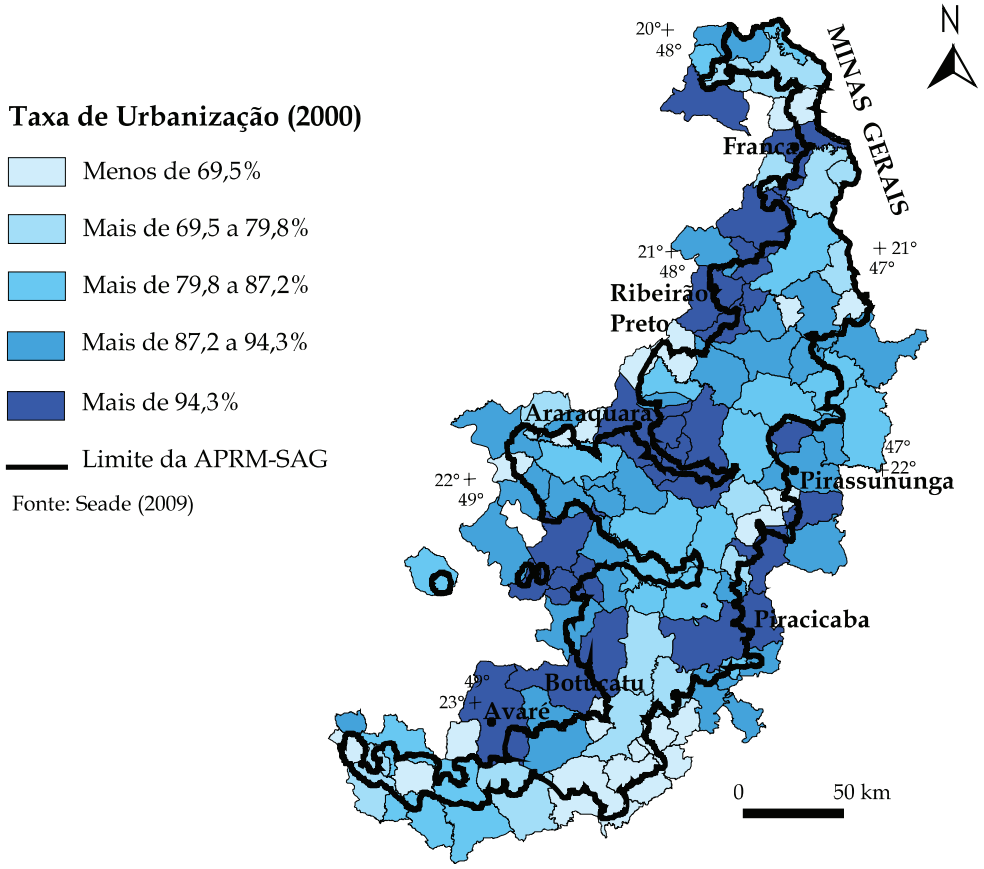
A diferença entre as Taxas Geométricas de Crescimento Anual (TGCAs) dos municípios inseridos na APRM-SAG demonstra que a área apresenta uma dinâmica demográfica bastante variada, que, por sua vez, é um reflexo da diferenciação existente quanto ao desenvolvimento socioeconômico dos municípios.

TAXA DE URBANIZAÇÃO

A taxa de urbanização dos municípios inseridos na APRM-SAG variou de menos de 69,5% a mais de 94,3%, existindo uma predominância na faixa de 79,8% a 94,3%, mostrando uma tendência à concentração da população nas zonas urbanas (IBGE, 2000).

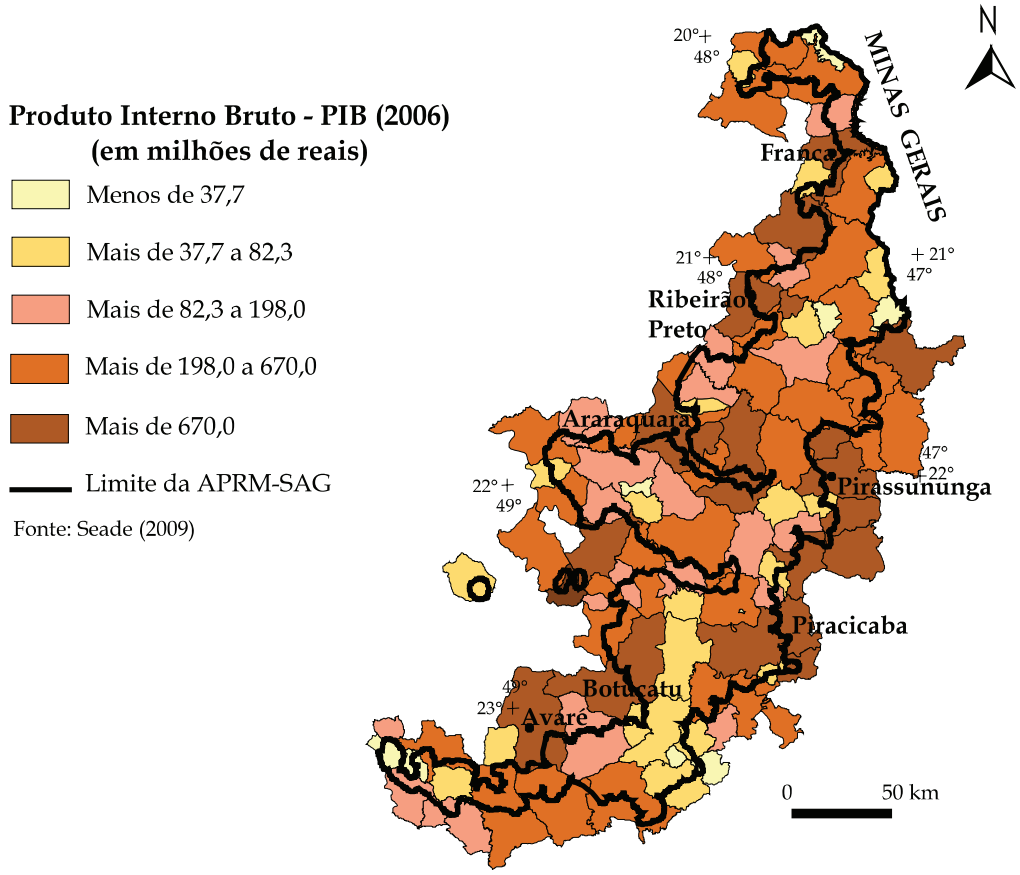
DEFINIÇÃO

A **taxa de urbanização** dos municípios é a proporção entre a população da área urbana em relação à população total. A taxa de urbanização está diretamente relacionada com o aumento da demanda por serviços públicos e interfere nos indicadores ambientais vinculados ao saneamento.



DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Os municípios inseridos na APRM-SAG com maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) estadual em 2006 são: Ribeirão Preto (1,4%), Piracicaba (0,85%), Franca (0,41%), Rio Claro (0,40%), São Carlos (0,39%) e Araraquara (0,38%). Por outro lado, os municípios com menor participação no PIB estadual em 2006 são: Torre de Pedra (0,0014%), Timburi (0,0025%), Trabiju (0,0025%), Sarutaiá (0,0027%), Cássia dos Coqueiros (0,0031%) e Rifaina (0,0031%).



DEFINIÇÃO

O **Produto Interno Bruto (PIB)** corresponde ao total dos bens e serviços produzidos, deduzindo-se o consumo intermediário, resultando na soma dos valores adicionados pelos diversos setores.

ATIVIDADE ECONÔMICA PREDOMINANTE

As atividades econômicas predominantes nos municípios com área inserida na APRM-SAG, de acordo com o perfil do PIB municipal informado por Seade (2006), demonstram predominância do agrosetor. Porém, aqueles de maior porte são classificados como industriais e multisetoriais.

Atividades econômicas predominantes do municípios na APRM-SAG (2006)

TIPOLOGIA (PERFIL DO PIB)	MUNICÍPIOS *
Agropecuários	• Altinópolis, Casa Branca, Santa Cruz da Esperança, Serra Azul e Tambaú (UGRHI 4) • Analândia e Corumbataí (UGRHI 5) • Buritizal e Restinga (UGRHI 8) • Descalvado, Guatapará, Motuca, Rincão, Santa Lucia, Santa Cruz da Conceição e Santa Rita do Passa Quatro (UGRHI 9) • Anhembi, Bofete e Quadra (UGRHI 10) • Boa Esperança do Sul, Brotas, Dourado, Gavião Peixoto, Itaju, Itirapina, Nova Europa, Ribeirão Bonito, Tabatinga, Trabiju e Torrinha (UGRHI 13) • Itaí (UGRHI 14)
Agroterciários	• Brodowski, Cajuru, Cássia dos Coqueiros, Cravinhos, Jardinópolis e São Simão (UGRHI 4) • Águas de São Pedro, Charqueada, Saltinho, Santa Maria da Serra e São Pedro (UGRHI 5) • Aramina, Cristais Paulista, Igarapava, Ituverava, Pedregulho e Santo Antônio da Alegria (UGRHI 8) • Leme, Porto Ferreira e Santa Cruz das Palmeiras (UGRHI 9) • Bariri, Dois Córregos, Ibaté, Ibitinga, Mineiros do Tietê e São Manuel (UGRHI 13) • Angatuba, Fartura, Guareí, Paranapanema, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Tejupá e Timburi (UGRHI 14)
Agroindustriais	• Mococa, Santa Rosa de Viterbo e Serrana (UGRHI 4) • Ipeúna (UGRHI 5) • Batatais e Patrocínio Paulista (UGRHI 8) • Américo Brasiliense, Araras e Pirassununga (UGRHI 9) • Botucatu, Conchas, Laranjal Paulista, e Pereiras (UGRHI 10) • Barra Bonita e Bocaina (UGRHI 13)
Indústrias simples	• Luís Antônio (UGRHI 9)
Indústria complexa	• Ribeirão Preto (UGRHI 4) • Piracicaba e Rio Claro (UGRHI 5) • Araraquara e São Carlos (UGRHI 13)
Multissetorial	• Franca (UGRHI 8) • Tietê (UGRHI 10) • Jaú (UGRHI 13)
Terciários simples	• Itirapuã e Rifaina (UGRHI 8) • Porangaba e Torre de Pedra (UGRHI 10) • Igaraçu do Tietê (UGRHI 13) • Piraju (UGRHI 14)

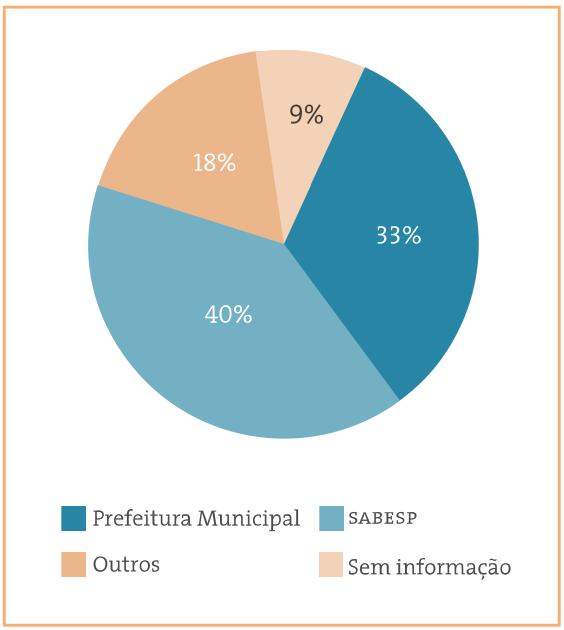
Fonte: Seade (2006).

* Não foram considerados os municípios com menos de 8% da sua área na APRM-SAG e cujo território se localizasse apenas em zona rural.

INFRAESTRUTURA SANITÁRIA

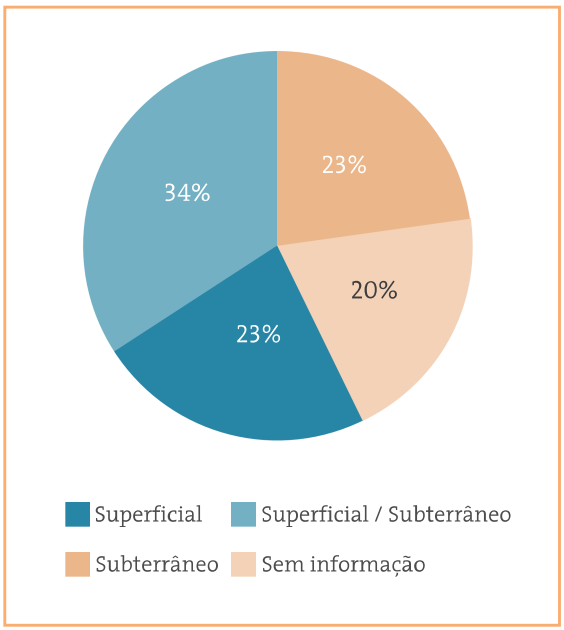
Em relação ao abastecimento público, verifica-se que as prefeituras municipais e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) representam aproximadamente 73% das concessionárias de água e esgoto na APRM-SAG. Existe uma crescente utilização da água subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo e aproximadamente 57% dos municípios da APRM-SAG utilizam o manancial subterrâneo como fonte, total ou parcial, de abastecimento.

Concessionárias de água e esgoto nos municípios da APRM-SAG



Fonte: Seade (2008).

Tipo de manancial de abastecimento público dos municípios da APRM-SAG



Fonte: Seade (2008).

IMPORTANTE

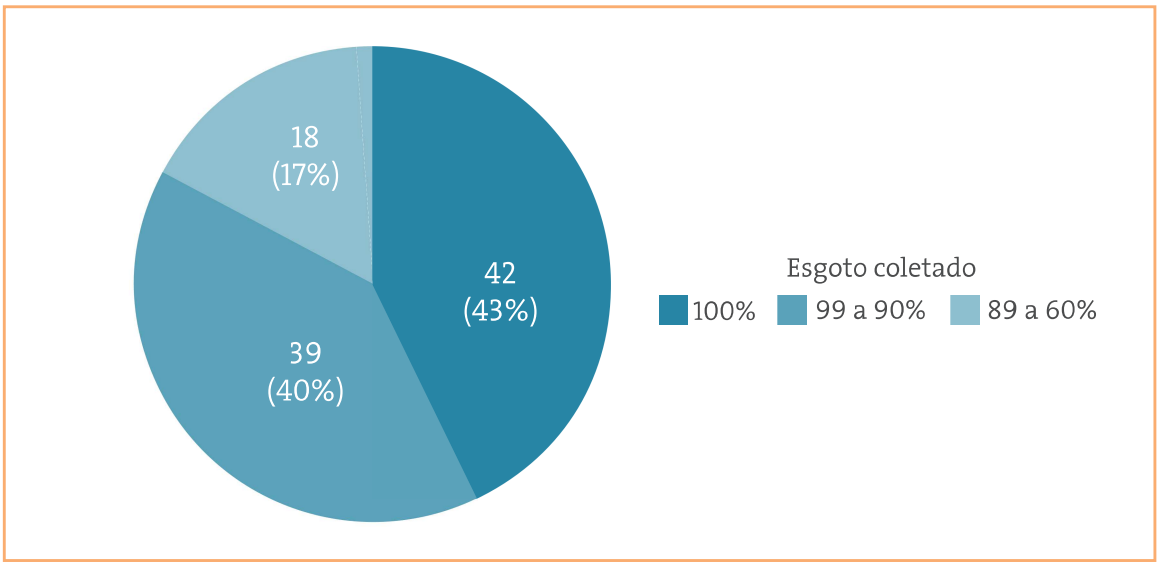
Mais de cem municípios paulistas utilizam as águas do SAG para o abastecimento público, tanto da área de afloramento quanto da área confinada, destacando-se as seguintes cidades, entre outras: Ribeirão Preto (100%); Araraquara (50%); São Carlos (50%); e de São José do Rio Preto (40%).

Na APRM-SAG existem áreas urbanas que não possuem cobertura completa de rede de esgoto e, portanto, a população utiliza fossas sépticas e negras para a disposição do efluente doméstico. Mesmo contando com coleta parcial de esgoto, apenas parte desse recebe tratamento adequado (52% do coletado).

As zonas rurais, em sua maioria, pela dispersão das moradias em relação às áreas de ocorrência, tendem a utilizar, também, as fossas sépticas ou negras.

Nessa forma de disposição dos efluentes, esses são infiltrados no solo para completar o processo biológico e tendem a migrar verticalmente para baixo, podendo alcançar o aquífero. Representam, assim, uma fonte potencial de contaminação.

Porcentagem de coleta de esgoto nos municípios da APRM-SAG (2007)



Fonte: Seade (2008).

IMPORTANTE

Os baixos índices de tratamento implicam no aumento da contaminação e no comprometimento cada vez maior dos corpos d'água superficiais, o que indiretamente aumenta a demanda pela água subterrânea.

No tocante às águas subterrâneas, os locais de disposição de resíduos representam importantes fontes de contaminação. Isso porque, nesses casos, ocorre a contaminação de maneira indireta, pela infiltração e/ou percolação de chorume através do horizonte não saturado.

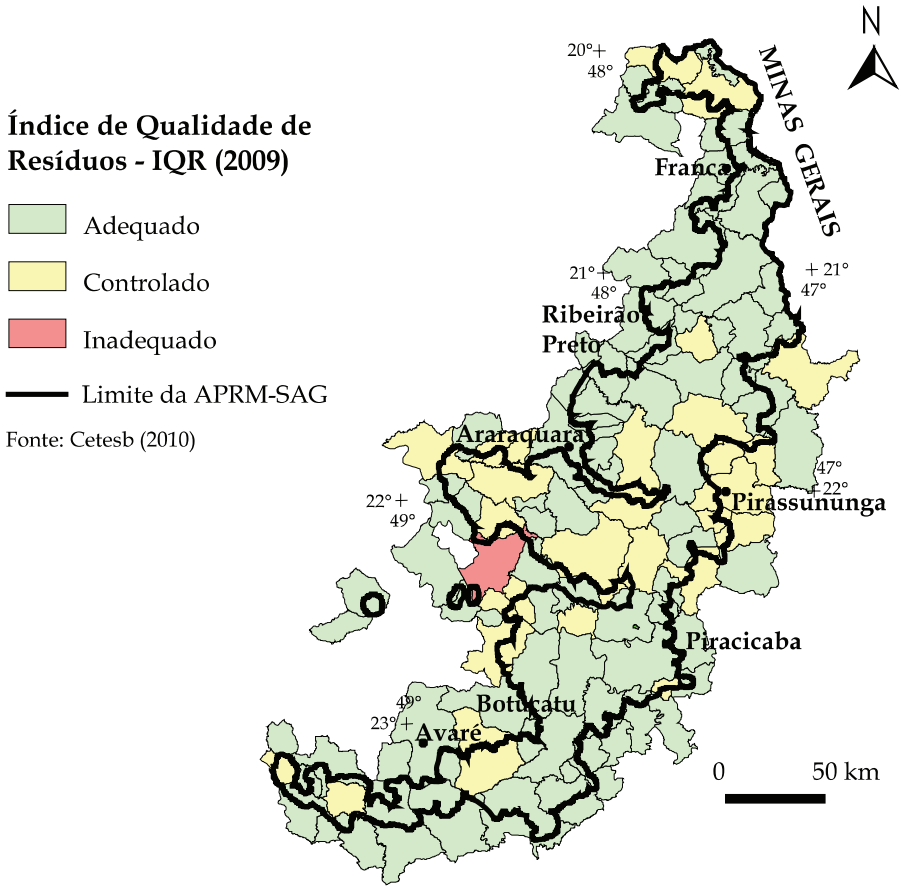
Todas as instalações de tratamento e destinação de resíduos sólidos domiciliares em operação no Estado de São Paulo são periodicamente inspecionadas e classificadas de acordo com Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR).

Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR)

IQR	ENQUADRAMENTO
0,0 - 6,0	Condições Inadequadas
6,1 - 8,0	Condições Controladas
8,1 - 10,0	Condições Adequadas

Fonte: Cetesb (2008a).

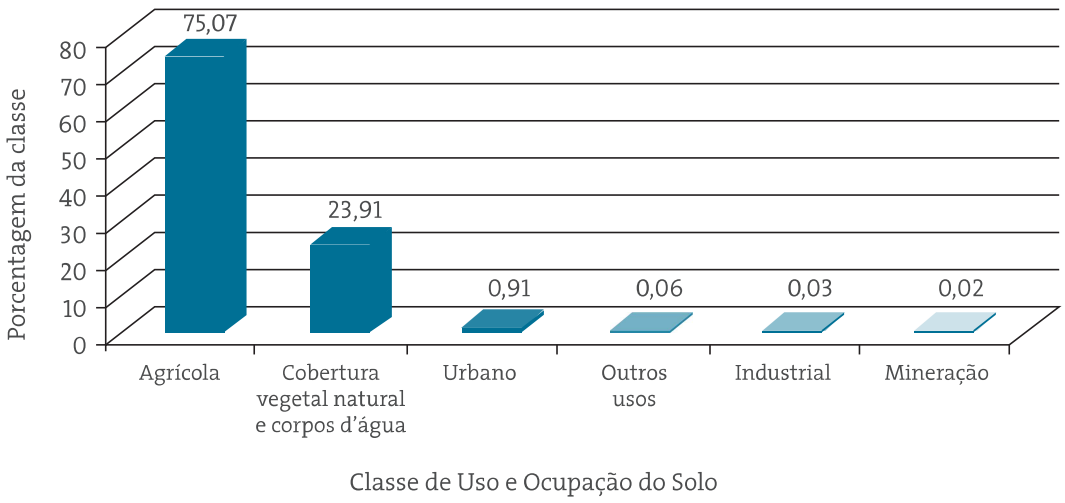
A UGRHI 4 (Pardo), a UGRHI 5 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí), a UGRHI 8 (Sapucaí/Grande), a UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), a UGRHI 10 (Tietê/Sorocaba) e a UGRHI 14 (Alto Paranapanema) apresentam a maioria de seus municípios com IQR classificado em condições adequadas ou condições controladas. Apenas a UGRHI 13 (Tietê/Jacaré) apresentou um município classificado com IQR em condições inadequadas, qual seja, o município de Jaú.



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As diferentes formas de uso e ocupação do solo indicam as atividades que são realizadas pelo homem num determinado espaço, para atender às suas necessidades. Nesse sentido, cada categoria pode possuir maior ou menor potencial de contaminar as águas subterrâneas.

Porcentagem da área das diferentes classes de uso e ocupação do solo na APRM-SAG

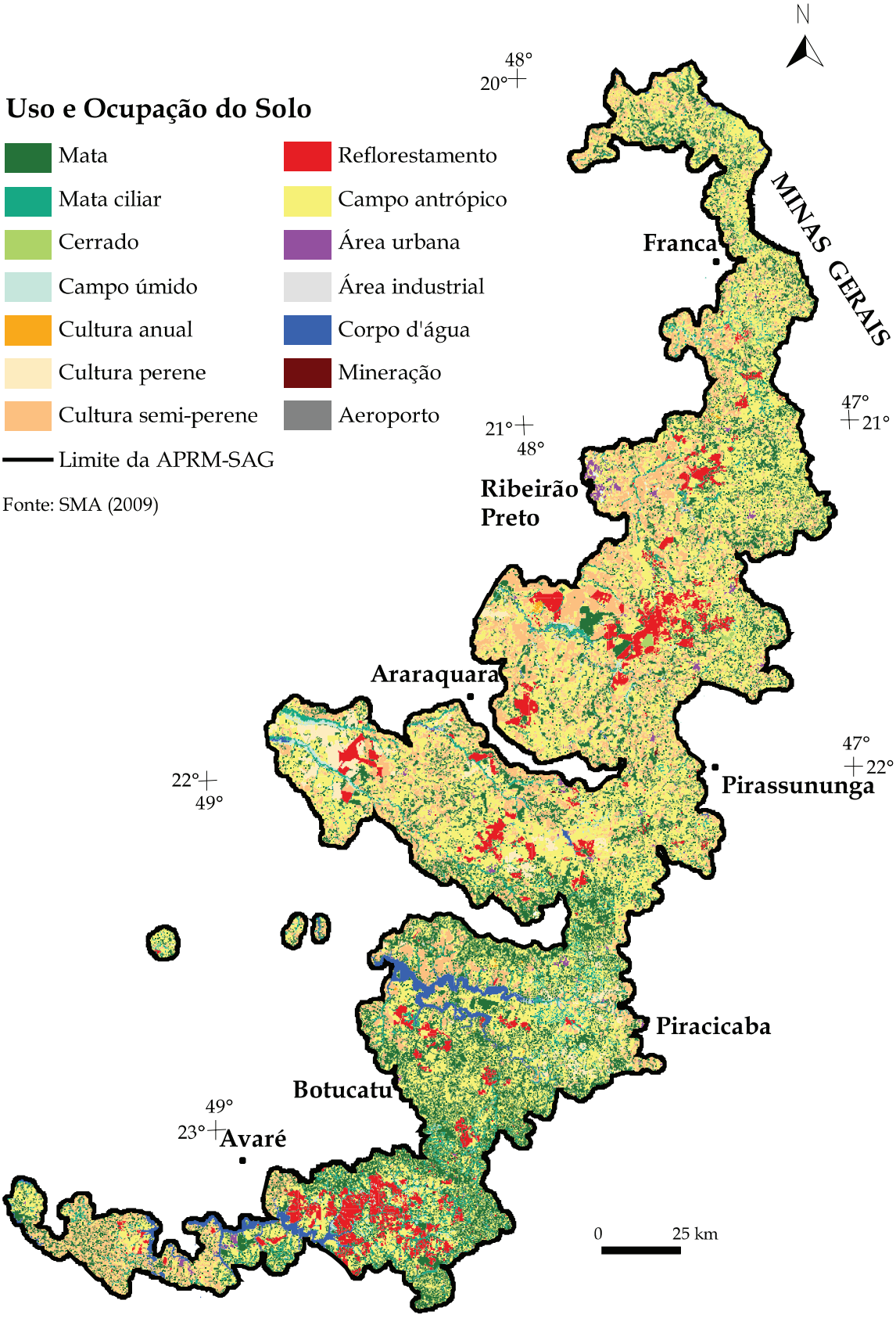


Fonte: SMA (2009)

IMPORTANTE

A classe agrícola (75%) é predominante na APRM-SAG. Uma vez que as atividades agrícolas utilizam com frequência fertilizantes e agrotóxicos, a fiscalização e o controle são importantes para evitar a poluição.

As áreas ocupadas por cobertura vegetal e corpos d'águas são fundamentais para proteção dos recursos hídricos, principalmente nas áreas de recarga do SAG. Elas representam 24% da APRM-SAG.


Uso e Ocupação do Solo
Mata
Mata ciliar
Cerrado
Campo úmido
Cultura anual
Cultura perene
Cultura semi-perene
Limite da APRM-SAG
Reflorestamento
Campo antrópico
Área urbana
Área industrial
Corpo d'água
Mineração
Aeroporto
Fonte: SMA (2009)
N
48°
20°
MINAS GERAIS
Franca
47°
21°
21°
48°
Ribeirão Preto
Araraquara
47°
22°
Pirassununga
22°
49°
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
0
25 km

Uso e ocupação do solo na APRM-SAG

Categoria de uso e ocupação do solo na APRM-SAG		Classe de uso e ocupação do solo na APRM-SAG			Principais atividades potencialmente contaminantes (2)
Categoria	% (1)	Classe	%	Descrição	
Área Urbana	0,90	Urbano	0,91	As áreas urbanas consolidadas e em consolidação; equipamentos urbanos (ETE, ETA, cemitérios, entre outros); infraestrutura urbana (aeroportos, sistema viário, aterros sanitários/lixões).	Ausência ou insuficiência de rede de coleta de esgoto; vazamentos de esgoto; lixiviação de aterros sanitários/ lixões; instalações para armazenamento de combustíveis; presença de cemitérios.
Aeroportos	0,01				
Indústria	0,03	Industrial (em áreas urbanas e rurais)	0,03	Todas as atividades industriais consideradas fontes pontuais potenciais de contaminação, conforme CETESB e CNAE.	Vazamentos nos processos produtivos, de transporte ou armazenamento; derramamentos; despejo de efluentes; lixiviação de depósitos de resíduos.
Cultura Anual	0,10	Agrícola	75,07	Áreas ocupadas por espécies frutíferas culturas diversas, hortaliças, entre outros.	Uso inadequado de fertilizantes, pesticidas e agroquímicos; irrigação com águas residuais; utilização de lodo/borra; lagoa de efluentes; despejo de efluentes.
Cultura Perene	1,62				
Culturas Semi-Perenes	16,78				
Cerrados	0,41				
Reflorestamento	5,06				
Campo Antrópico	51,51				
Mineração	0,02	Mineração	0,02	Atividades minerárias em atividade ou desativadas	Lançamento de águas de drenagem; lagoas de águas do processo de extração/lodo; perturbação hidráulica.
Mata Ciliar	3,10	Cobertura vegetal natural e Corpos d'água	23,91	Vegetação natural remanescente e corpos d'água	Não contribui para contaminação.
Mata	17,49				
Campos Úmidos	0,65				
Corpos D'água	2,25				
Outros usos	0,06	Outros usos	0,06	Áreas que não se enquadram nos padrões definidos, tais como: comércio e serviços ao longo das estradas ou isolados (postos de gasolina, revenda de automóveis, hotel, restaurantes, etc.).	-

(1) Fonte: SMA (2009); (2) Modificado de Foster et. al. (2002).

Foto: CPRM

Área de mata

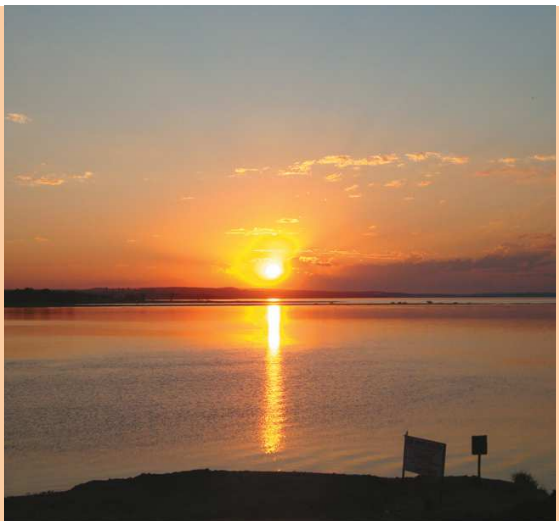


Foto: IPT

Corpos d'água

Foto: CPRM

Cultura perene (laranja)

Foto: CPRM

Cultura semi-perene (cana de açúcar)

Foto: CPRM

Área de mineração

Foto: CPRM

Área urbana

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E ÁREAS CORRELATAS

A Lei Federal nº 9.985/00, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos:

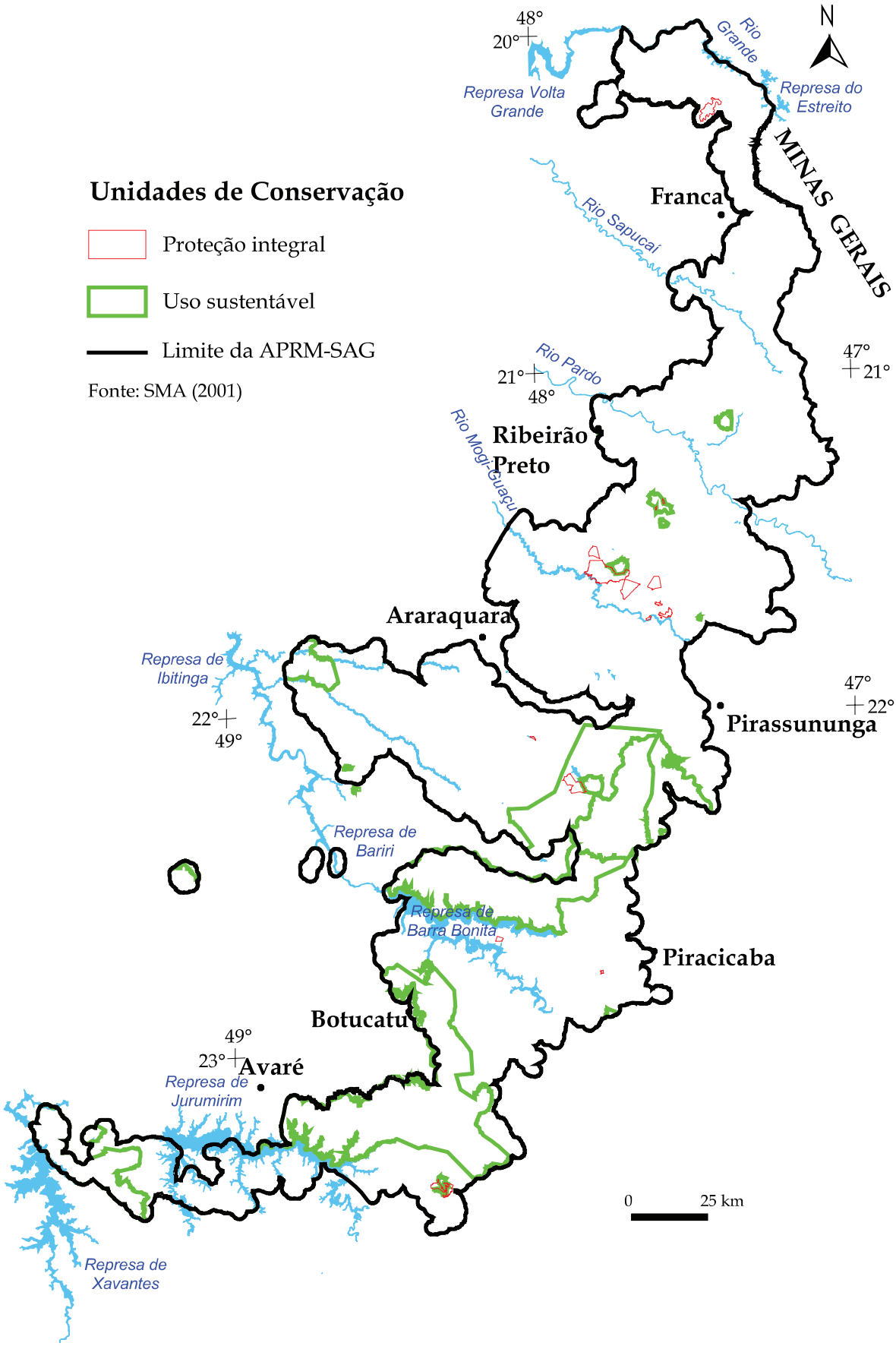
I. Unidades de Conservação de Proteção Integral, cujo objetivo é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais (Estações Ecológicas e os Parques Estaduais); e
II. Unidades de Conservação de Uso Sustentável, cujo objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico e Florestas Estaduais).

Além das Unidades de Conservação, existem as Áreas Correlatas, igualmente definidas pelo Poder Público, com o objetivo de proteção, preservação ou controle ambiental.

IMPORTANTE

Na APRM-SAG estão inseridas 9 Unidades de Conservação de Proteção Integral e 16 Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

Foto: CPRM


Unidades de Conservação
Proteção integral
Uso sustentável
Limite da APRM-SAG
Fonte: SMA (2001)
N
48°
20°
Represa Volta Grande
Rio Grande
Represa do Estreito
MINAS GERAIS
Franca
Rio Sapucaí
Rio Pardo
21°
48°
47°
21°
Ribeirão Preto
Rio Mogi-Guaçu
Araraquara
Represa de Ibitinga
22°
49°
47°
22°
Pirassununga
Represa de Bariri
Represa de Barra Bonita
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
Represa de Jurumirim
0
25 km
Represa de Xavantes

Capítulo 5

SITUAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O planejamento e uso racional das águas subterrâneas requerem um amplo conhecimento acerca das características físicas dos aquíferos, da sua distribuição espacial, da relação com os meios adjacentes, bem como de adequadas informações sobre a qualidade e quantidade da água.

Apresenta-se neste capítulo informações do Banco de Dados de Poços Tubulares e uma avaliação da quantidade e qualidade da água na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG).

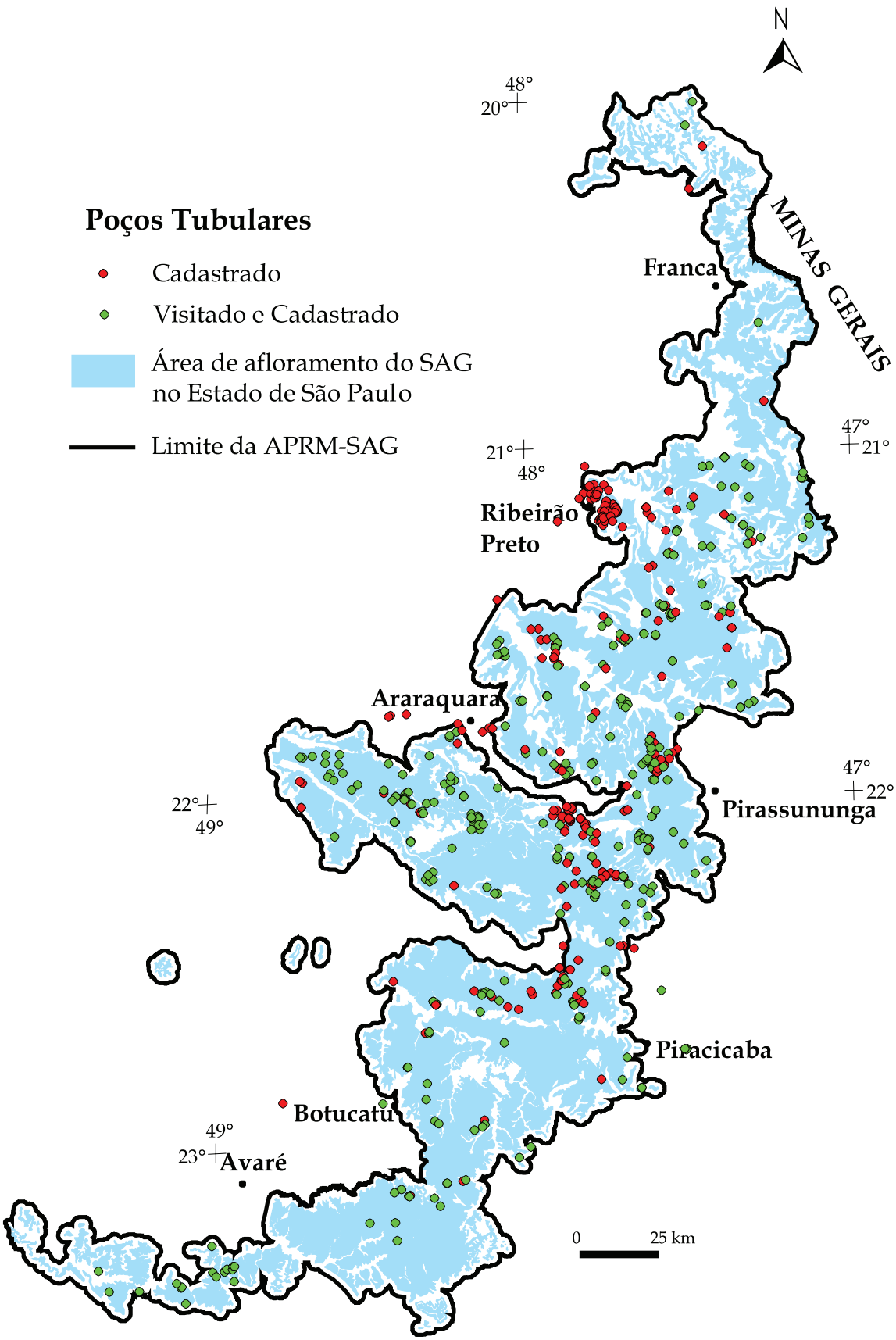
POÇOS TUBULARES NA APRM-SAG

Informações hidrogelógicas podem ser obtidas na fase de construção dos poços tubulares e na fase de obtenção e renovação das outorgas de uso da água subterrânea. Outras fontes de dados são as companhias perfuradoras e as entidades que atuam no campo da hidrogeologia.

O Banco de Dados de Poços Tubulares desenvolvido para a APRM-SAG contém 610 poços, resultantes de uma compilação e uma análise de consistência de poços desenvolvida em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Em paralelo, realizou-se o cadastro em campo de 344 poços do banco e a atualização de informações.

IMPORTANTE

Há carência de dados em algumas regiões, denotando a necessidade de cadastramento e, até mesmo, a construção de poços experimentais para se pesquisar as características do SAG nesses locais.


N
Poços Tubulares
Cadastrado
Visitado e Cadastrado
Área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo
Limite da APRM-SAG
48°
20°
MINAS GERAIS
Franca
47°
21°
21°
48°
Ribeirão Preto
Araraquara
47°
22°
Pirassununga
22°
49°
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
0
25 km

Fotos: IPT

Exemplo de poços cadastrados na APRM-SAG

Os municípios com maior quantidade de poços no Banco de Dados de Poços Tubulares da APRM-SAG são: Ribeirão Preto, São Carlos, Descalvado, Itirapina e São Pedro.

No cadastramento dos 344 poços, observaram-se situações de não atendimento às normas vigentes, as quais podem facilitar a contaminação do aquífero. Dessas situações destacam-se os poços em funcionamento e não conservados, sem laje e perímetro de proteção, e os poços abandonados sem tamponamento adequado.

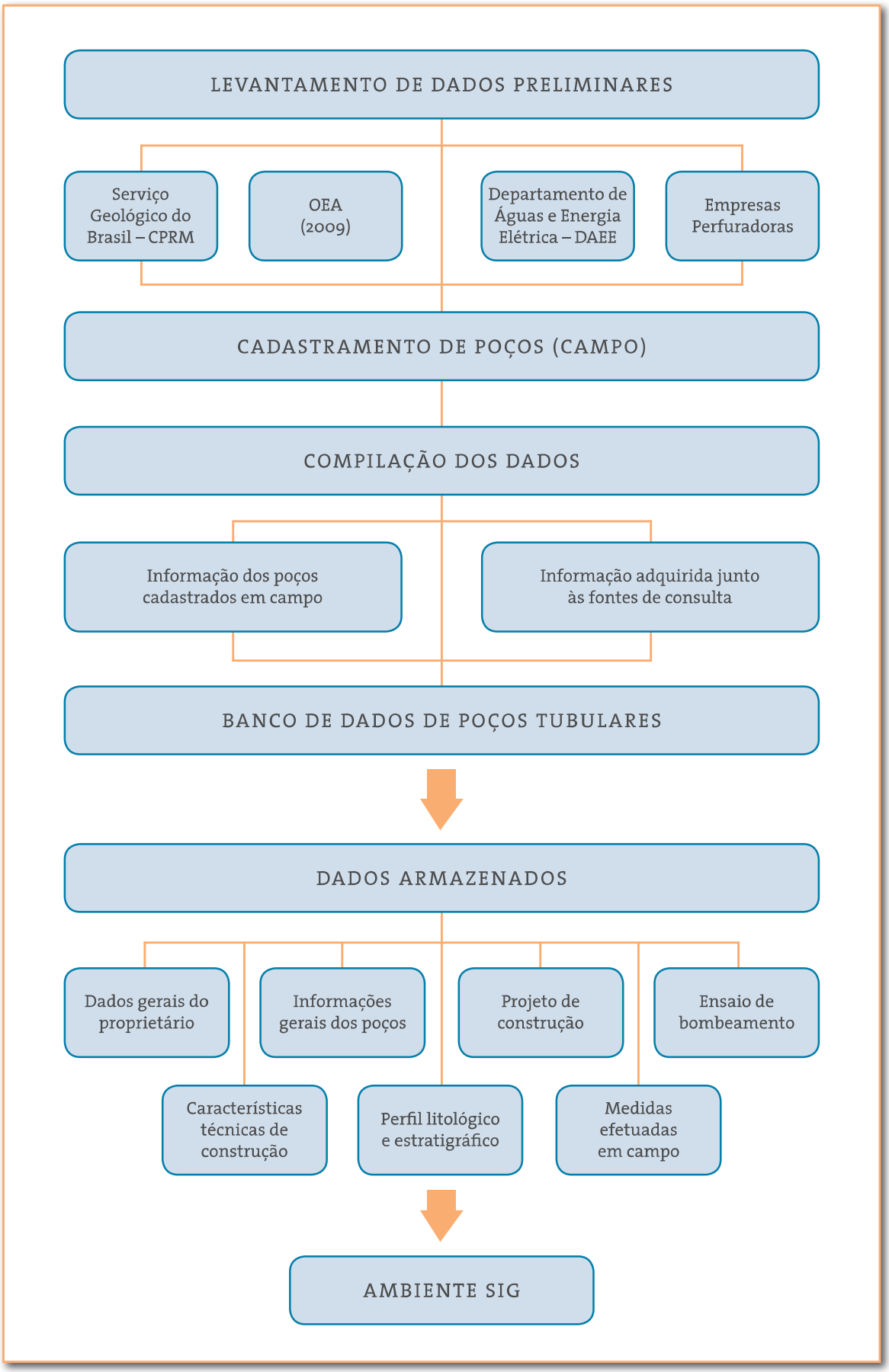
IMPORTANTE

É necessário que seja efetuada uma contínua atualização e padronização dos dados dos poços tubulares da APRM-SAG, incluindo informações dos aspectos construtivos, hidrogeológicos e da qualidade da água.

Fotos: IPT

Exemplos de poços em condições inadequadas.
À esquerda, poço abandonado e à direita, poço em atividade

Estruturação do banco de dados de poços tubulares



QUANTIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O SAG é considerado uma das maiores reservas estratégicas de água doce da América Latina, inclusive do Estado de São Paulo, sendo utilizado para o abastecimento público e outros usos, uma vez as suas propriedades hidrogeológicas favorecem o armazenamento e a transmissão da água. Para uma reserva ser considerada viável é importante uma boa realimentação do aquífero, que é realizada por intermédio da recarga.

DEFINIÇÃO

A **reserva** é o volume de água acumulado no aquífero em determinado período de tempo.

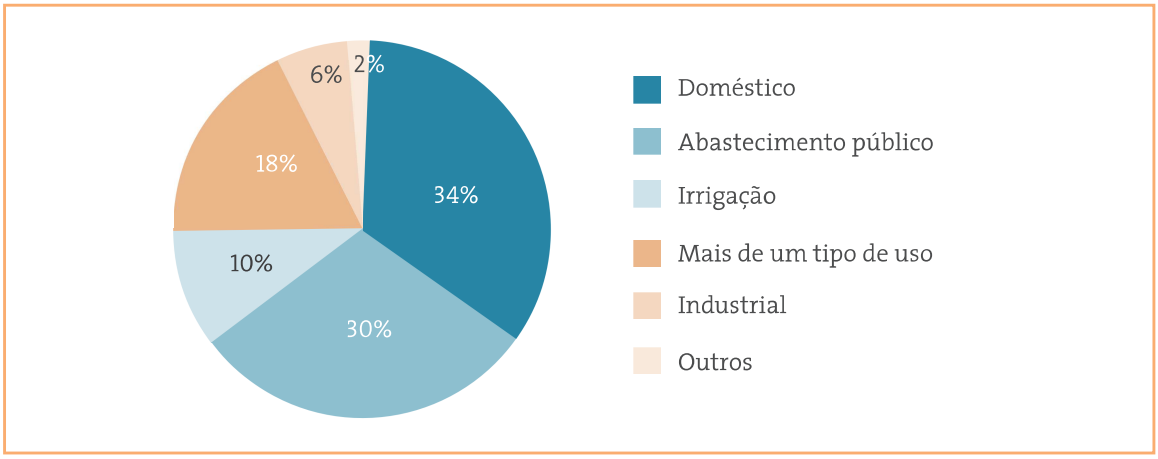
A **recarga** pode ser definida como a quantidade de água que infiltra nos poros do solo alcançando e realimentando a zona saturada (aquífero), constituindo uma adição ao reservatório de água subterrânea (Lerner et al., 1990; De Vries & Simmers, 2002).

Alguns estudos definem que a quantidade de recarga na porção de afloramento do SAG é em torno de 200 mm/ano. Esse resultado mostra que o maior potencial do SAG está associado às áreas próximas das zonas de recarga e afloramento. Nessas porções, os volumes de água são maiores, capazes de atender as demandas atuais e futuras, ainda que crescentes (OEA, 2009). A demanda do uso da água do SAG intensificou-se a partir da década de 1970, sendo a água utilizada para diversos fins, com destaque para o uso doméstico e o abastecimento público.

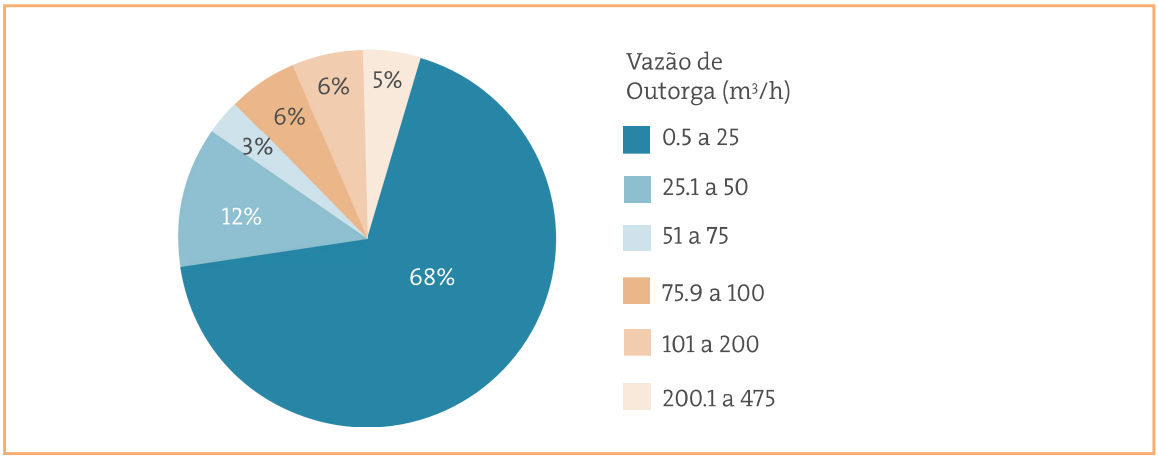
De acordo com o Banco de Dados de Poços Tubulares da APRM-SAG, a maioria dos poços que explotam água da porção de afloramento do SAG apresentam vazões inferiores a 50m^3/h.

Apesar da irrigação representar apenas 10% do total de poços avaliados, esse usuário apresenta as maiores vazões de outorga, chegando a explotar aproximadamente 4.600m^2/h, caso sejam totalizadas as vazões dos poços para essa finalidade.

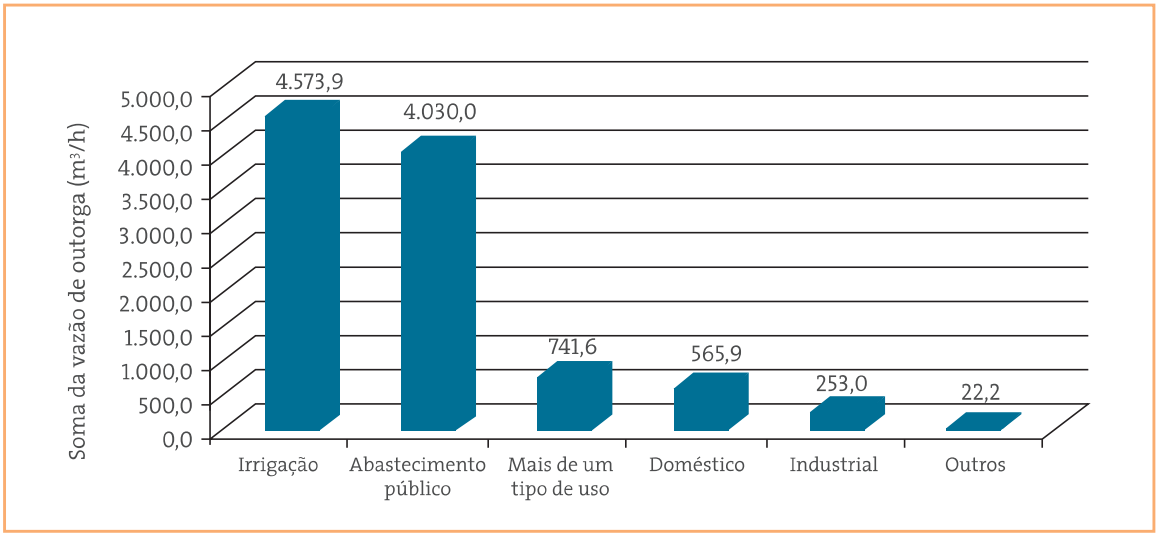
Uso da água subterrânea na área de afloramento do SAG



Vazão de outorga dos poços tubulares que explotam o SAG



Soma das vazões de outorga dos poços tubulares que exploram o SAG



QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas do SAG são, em geral, potáveis, apresentam tendência a neutralidade, baixa salinidade, dureza variando entre 26,2 a 28,5 mg/L $CaCO_3$ e baixa concentração de cloreto. A Cetesb (2007) constatou incrementos nos teores para os parâmetros alumínio, bário e nitrogênio nitrato, além de detectar, mesmo que localmente, concentrações de cromo, fluoreto, fósforo, chumbo, ferro, manganês e coliformes fecais.

Neste item apresenta-se uma avaliação da qualidade da água do SAG na área de afloramento do Estado de São Paulo de acordo com as informações do Banco de Dados de Poços Tubulares e com os resultados das duas campanhas de amostragem realizadas. Na primeira campanha foram avaliados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de 49 poços. Já na segunda, foi realizada uma análise detalhada da série nitrogenada em 50 poços, para uma avaliação da situação atual das concentrações de nitrato nas águas do SAG.

DEFINIÇÃO

Valores Orientadores da Qualidade da Água Subterrânea (CETESB, 2007):

Valor de Referência da Qualidade (VRQ): concentrações que devem ser consideradas como valores-base (*background*) para o Estado de São Paulo, de forma a orientar ações de prevenção e controle da contaminação das águas subterrâneas

Valor de Prevenção (VP): concentrações que indicam alterações na qualidade da água subterrânea e que merecem ações de controle da contaminação das águas subterrâneas

Valor de Intervenção (VI): concentrações máximas de determinadas substâncias, acima das quais existe potencial de risco à saúde humana e que, portanto, indicam necessidade de ações para reversão do quadro

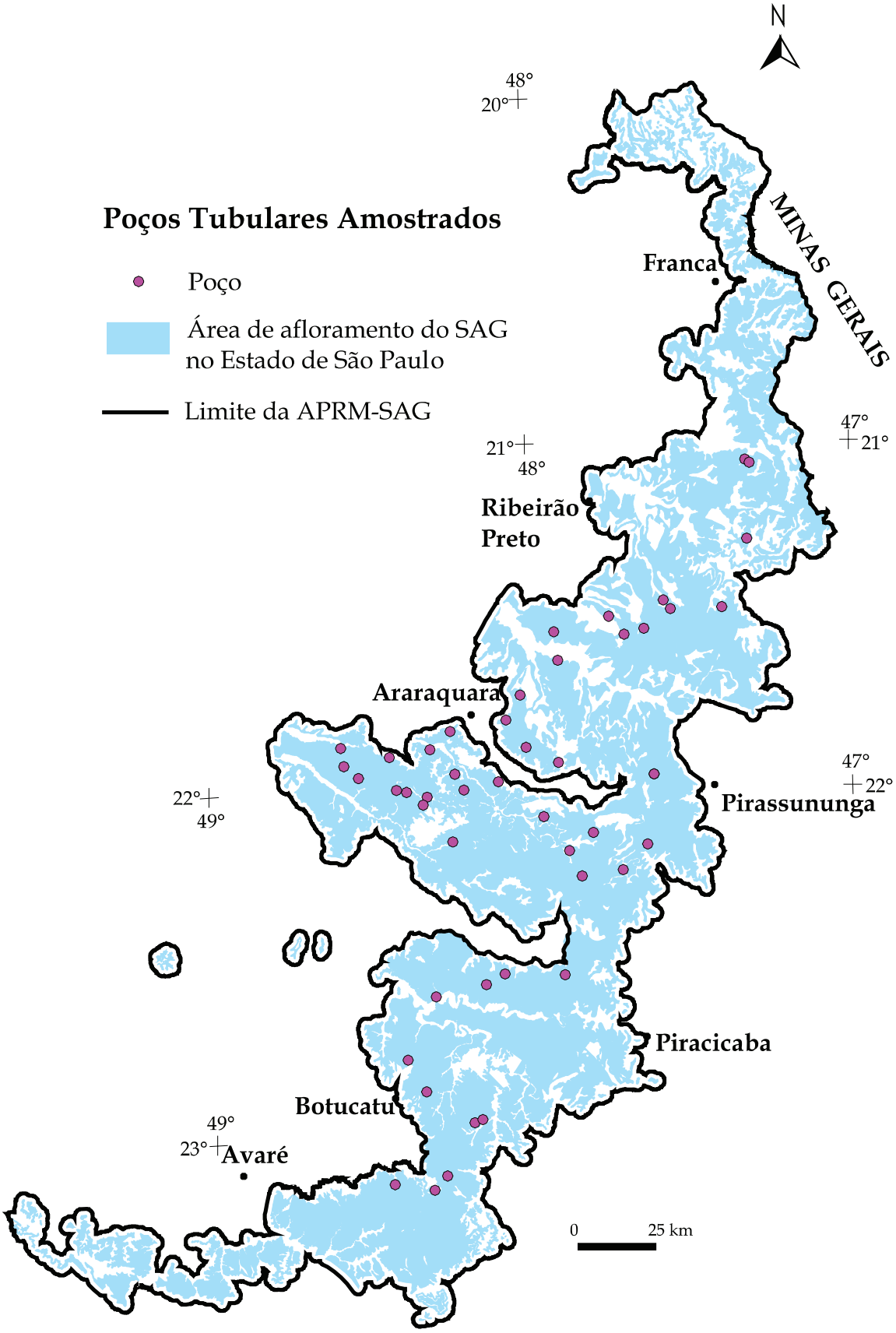
Campanhas de amostragem de água subterrânea

Dados históricos do Banco de Dados de Poços Tubulares da APRM-SAG

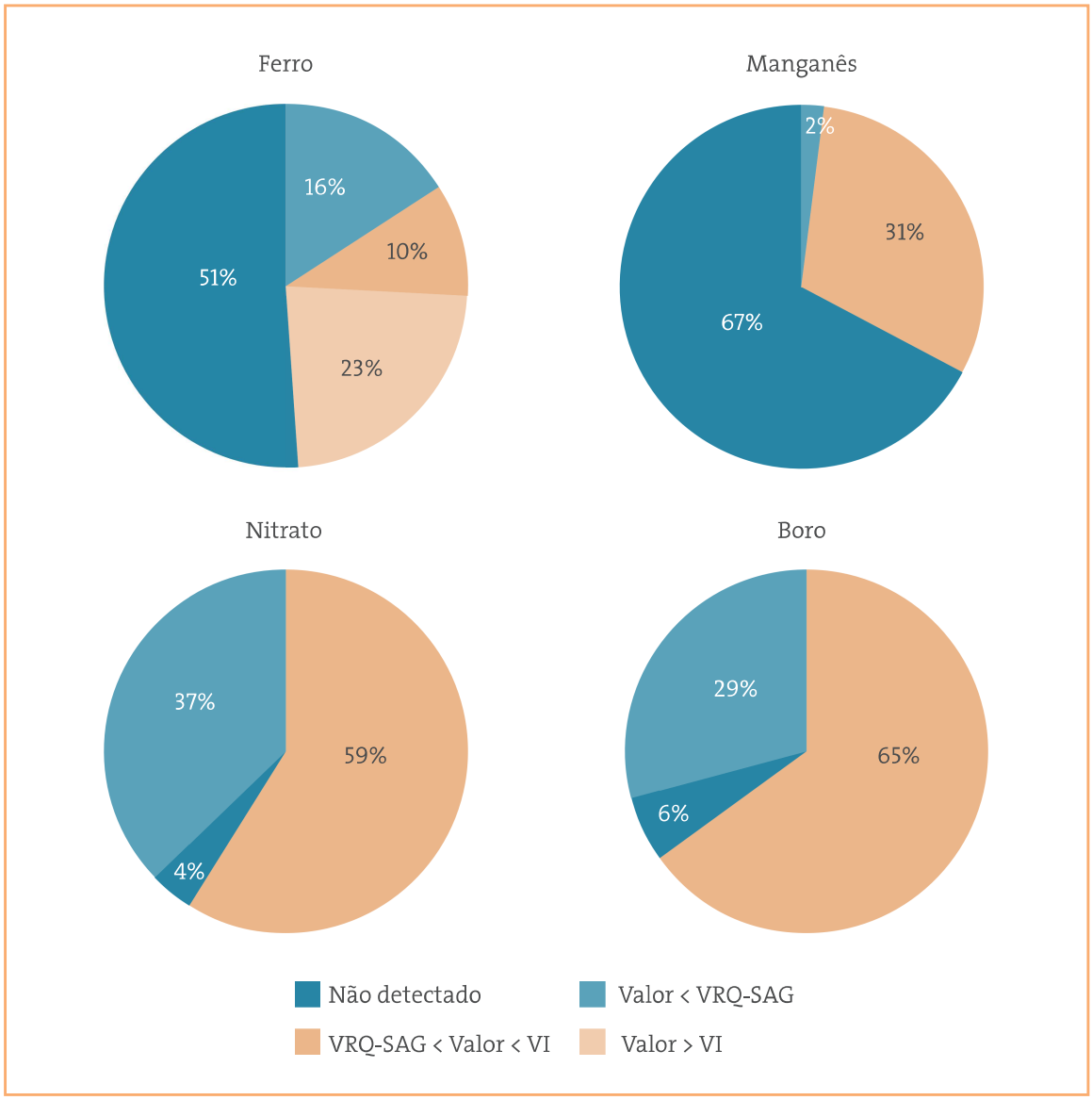
De acordo com os resultados das análises da qualidade da água dos poços do Banco de Dados de Poços Tubulares da APRM-SAG, avaliou-se que, em geral, as águas do SAG apresentam boa qualidade. No entanto, localmente, alguns parâmetros avaliados (nitrogênio nitrato, ferro e manganês) superaram os Valores de Referência da Qualidade para o SAG e até mesmo os Valores de Intervenção.

Primeira campanha de amostragem

Os resultados da primeira campanha, realizada nos meses de janeiro e fevereiro de 2010, período chuvoso, indicou que, em geral, as águas do SAG encontram-se potáveis para os parâmetros avaliados. Foram identificadas, no entanto, concentrações anômalas dos parâmetros nitrogênio nitrato, ferro, boro e manganês. Em relação ao parâmetro nitrogênio nitrato, 59% das amostras superaram o Valor de Referência da Qualidade para o SAG (0,3 mg/L), mas nenhuma concentração superou o Valor de Prevenção ou Valor de Intervenção, estando todos os resultados abaixo da concentração de 5 mg/L.


N
Poços Tubulares Amostrados
Poço
Área de afloramento do SAG no Estado de São Paulo
Limite da APRM-SAG
48°
20°
MINAS GERAIS
Franca
47°
21°
21°
48°
Ribeirão Preto
Araraquara
47°
22°
Pirassununga
22°
49°
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
0
25 km

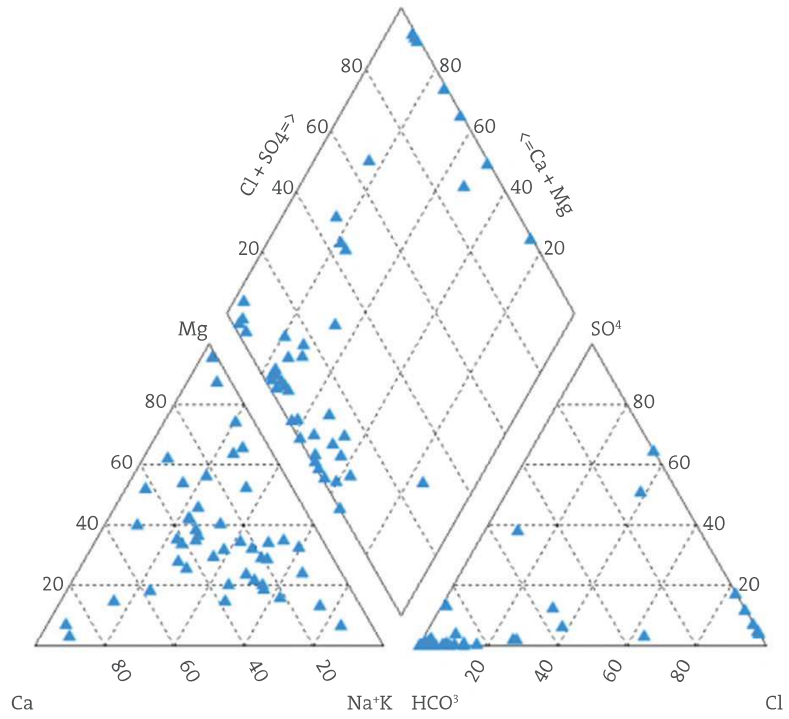
Proporção de parâmetros analisados nas amostras de água do SAG (primeira campanha)



Segunda campanha de amostragem

Nos meses de julho e agosto de 2010, período seco, ocorreu a segunda campanha de amostragem, cujos resultados demonstram que as águas do SAG, em sua porção de afloramento no Estado de São Paulo, são predominantemente bicarbonatadas mistas e, secundariamente, bicarbonatadas cálcicas, bicabornatadas magnesianas e bicarbonatadas sódicas. Observa-se, também, a presença de águas classificadas como clorossulfatadas cálcicas ou magnesianas.

Classificação das águas do SAG segundo o Diagrama de Piper (segunda campanha)



Os resultados das análises de nitrogênio nitrato para a maioria dos poços (85%) indicaram alterações na qualidade natural e apenas um poço, localizado no município de Botucatu, apresentou concentração (5,3mg/L) acima do Valor de Prevenção (5mg/L). No entanto, as águas do SAG, em geral, apresentaram concentrações inferiores aos Valores de Intervenção, sendo consideradas potáveis.

Distribuição percentual dos resultados de nitrogênio nitrato (segunda campanha)

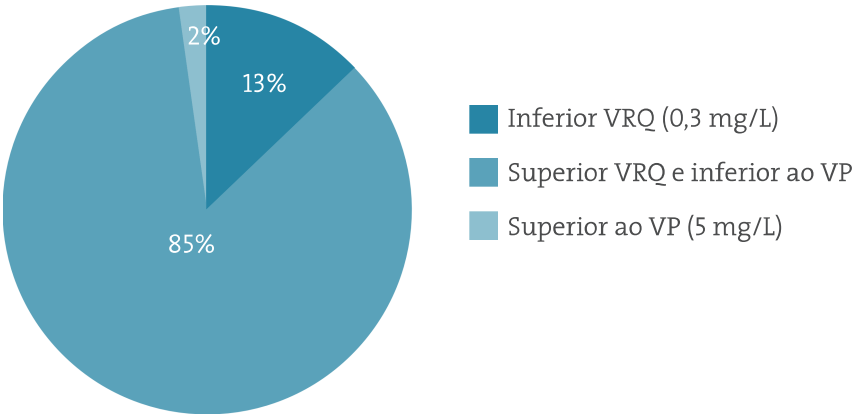


Foto: IPT

A avaliação demonstra que existem locais com alteração da qualidade natural da água do SAG por nitrogênio nitrato, inclusive em níveis mais profundos do aquífero. Esses resultados apontam uma alteração do equilíbrio natural, principalmente por influência antrópica. Isso porque, as fontes de nitrato são atribuídas à aplicação de fertilizantes e insumos nitrogenados, à disposição de resíduos no solo, ao esgoto proveniente de fossas sépticas, ao vazamento de redes coletoras de esgoto, entre outras.

A segunda campanha representa o primeiro estudo desenvolvido com a finalidade de avaliar as interferências do nitrato nas águas do SAG, devendo-se, assim, ter cautela ao se reproduzir os resultados analíticos. Para a aplicação de medidas de controle cabíveis, percebe-se a necessidade do monitoramento contínuo da qualidade da água e o levantamento das fontes de contaminação nos locais onde foi identificada alteração da qualidade natural.

IMPORTANTE

As águas do SAG em sua área de afloramento no Estado de São Paulo, em geral, atendem ao padrão de potabilidade. Uma vez que foram identificadas, mesmo que localmente, alteração da qualidade natural da água, faz-se fundamental a realização de estudos visando o entendimento holístico da relação entre os elementos do sistema natural e do meio socioeconômico.

Capítulo 6

PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA APRM-SAG

As diferentes atividades antrópicas que ocorrem na área de afloramento do SAG podem ser possíveis fontes de contaminação do aquífero, podendo resultar em alteração da qualidade natural da água subterrânea de maneira tal que venha a se tornar imprópria para o consumo. Outro fator que influencia no nível da ameaça da qualidade das águas subterrâneas é a vulnerabilidade natural de um aquífero à contaminação.

A avaliação do perigo de contaminação do aquífero é essencial para a sua proteção, pois identifica as atividades antrópicas com maior probabilidade de gerar impactos negativos em determinados locais de ocorrência do aquífero, indicando, assim, as áreas prioritárias para a aplicação de medidas necessárias de controle, para evitar futuras contaminações.

VULNERABILIDADE NATURAL DO SAG À CONTAMINAÇÃO

A vulnerabilidade natural à contaminação de um aquífero se refere à acessibilidade de contaminantes e cargas contaminantes, originados de fontes potenciais, e está relacionada com as características litológicas da zona não saturada (Foster et al., 2006). Portanto, a vulnerabilidade avalia o grau de proteção que o ambiente natural fornece contra o acesso de contaminantes às águas subterrâneas (Albinet & Margat, 1970).

O mapeamento da vulnerabilidade natural de um aquífero à contaminação é o primeiro passo na avaliação do perigo de contaminação da água subterrânea e na proteção de sua qualidade, sendo uma importante ferramenta de gestão. Por meio desse mapeamento, é possível adotar controles diferenciados sobre cada forma de uso e ocupação do solo.

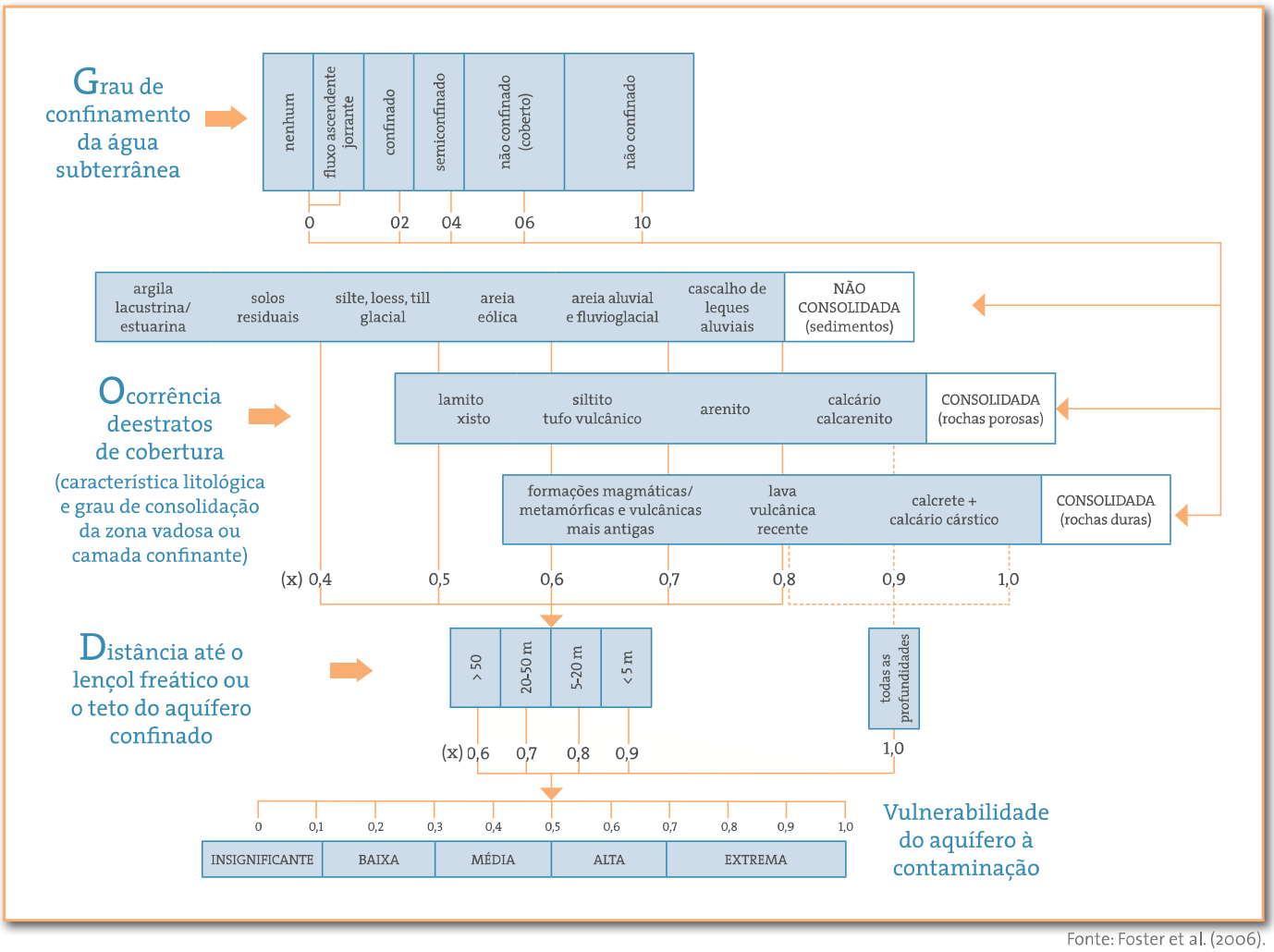
Existem diversos métodos para a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos. Para a APRM-SAG adotou-se o método GOD (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988, apud Foster et al., 2006), um método de simplicidade conceitual e de aplicação compatível com os dados disponíveis.

IMPORTANTE

O mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação do SAG deve ser utilizado como subsídio ao **planejamento regional**, visto que foi elaborado com base no mapa geológico disponível (escala 1:250.000).

Foto: CPRM

Método GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação



Fonte: Foster et al. (2006).

DEFINIÇÃO

O método GOD considera os seguintes fatores:

- **Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea (G)** no aquífero em estudo, que significa o quanto o horizonte não saturado pode se traduzir em camada que impede os fluxos descendentes rumo ao aquífero;
- **Ocorrência de estratos de cobertura (zona não saturada) (O)**, em termos da característica hidrogeológica e do grau de consolidação que determinam sua capacidade de atenuação do contaminante; e
- **Distância até o nível freático (D)**, que significa a profundidade do nível d'água considerando-se a distância entre a superfície do solo e o topo do aquífero livre.

Cada um desses fatores recebe um valor, conforme a característica do aquífero estudado. O resultado da multiplicação dos três valores representa o índice numérico para a vulnerabilidade natural do aquífero, que pode ser definido em diferentes intervalos de vulnerabilidade, a saber: Extrema, Alta, Média, Baixa e Insignificante. Esses intervalos são subdivididos, ainda, em alto e baixo.

O índice relacionado à "distância até o lençol freático (D)" possui importância fundamental, pois pequenas alterações no valor desse parâmetro alteram significativamente o índice da vulnerabilidade. Portanto, os níveis mais rasos permitem que o contaminante chegue mais rápido à zona saturada, devido à menor distância que o contaminante deve percorrer desde a superfície do terreno até o limite superior do aquífero.

A área mapeada para a APRM-SAG corresponde às áreas das formações Botucatu e Piramboia, somadas às áreas dos depósitos aluvionares, que lhes sobrepõem segundo delgadas camadas de espessuras da ordem de poucos metros.

Os resultados demonstraram que o índice de vulnerabilidade para o SAG varia de Alto-alto até Médio-baixo, sendo que para a Formação Botucatu o índice varia de Alto-alto a Médio-alto e para a Formação Piramboia varia de Alto-baixo a Médio-baixo. Ressalte-se que os depósitos aluvionares foram classificados com índice Alto-alto de vulnerabilidade, por apresentarem delgadas camadas sobre o SAG.

Aspecto característico de sedimentação em ambiente desértico da Formação Botucatu

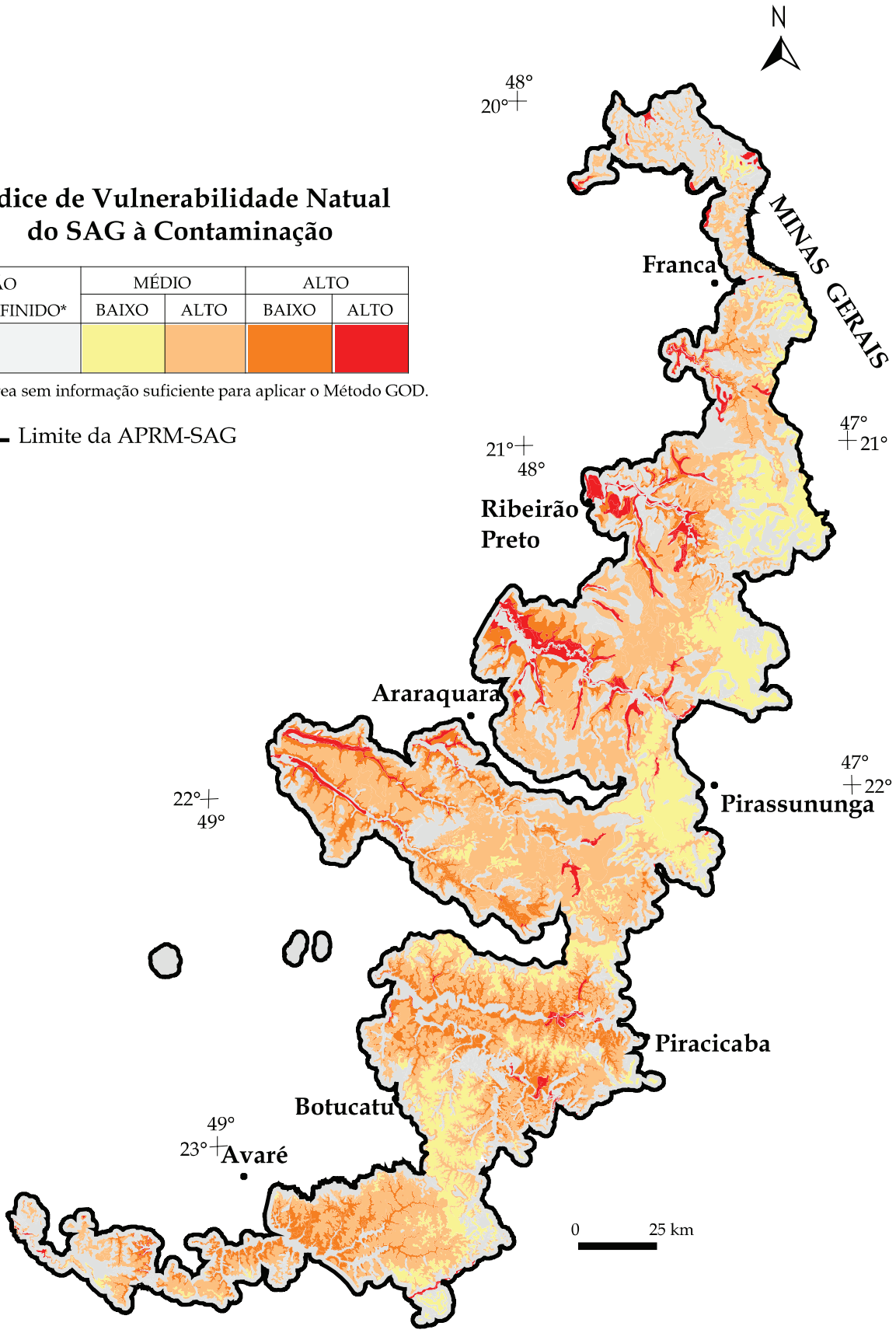
Foto: CPRM

Índice de Vulnerabilidade Natual do SAG à Contaminação

NÃO DEFINIDO*	MÉDIO		ALTO	
	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO

* Área sem informação suficiente para aplicar o Método GOD.

Limite da APRM-SAG



O índice Alto ocorre nas margens das principais drenagens, onde as profundidades do nível d'água subterrânea são menores que 20m. O índice Médio ocorre onde as profundidades do nível d'água subterrânea são maiores que 20m, nas porções mais distantes das principais drenagens.

Classificação da vulnerabilidade na APRM-SAG

Unidades	Classificação	Área (km²)
SAG + Depósitos aluvionares	Alto-alto	988
	Alto-baixo	2.849
	Médio-alto	8.927
	Médio-baixo	3.066
	TOTAL	15.830
Outras	Não definido	10.270

Conclui-se que, aproximadamente, 4.000 km² da APRM-SAG se configuram como áreas altamente vulneráveis à contaminação e que cerca de 12.000 km² apresenta índice médio de vulnerabilidade. Os demais aquíferos que ocorrem na APRM-SAG não foram classificados devido à ausência de informações para a aplicação do método GOD, uma vez que os estudos foram direcionados para o SAG. Essas outras formações são consideradas menos vulneráveis segundo IG/Cetesb/DAEE (1997), devido às suas características litológicas.

IMPORTANTE

Embora a área de afloramento do SAG seja mais vulnerável à contaminação, se comparada com a porção confinada, foram verificadas áreas com alto índice de vulnerabilidade que requerem prioritária atenção em relação ao uso e ocupação do solo.

Foto: CPRM

ATIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

Em geral, qualquer atividade pode vir a contaminar as águas subterrâneas. No entanto, segundo Foster et al. (2006), é possível classificar o potencial de gerar contaminação decorrente das diferentes atividades antrópicas. Conhecer as potenciais fontes de contaminação é essencial para qualquer programa de proteção da qualidade das águas subterrâneas.

Para a avaliação e a classificação das principais atividades com potencial de contaminação das águas subterrâneas na APRM-SAG, utilizou-se o método POSH, acrônimo em inglês de *pollutant origin, surcharge hydraulically* (Foster et al., 2006) e a classificação dos Domínios Pedomorfoagroclimáticos proposto pela Embrapa (Gomes, 2008).

O método POSH classifica em três níveis qualitativos o potencial para gerar uma carga contaminante no subsolo (reduzido, moderado e elevado) e baseia-se na origem do poluente e sua sobrecarga hidráulica. Adota, portanto, suposições simplificadoras, uma vez que associa a probabilidade da presença de substância poluente ao tipo de atividade e estima a provável sobrecarga hidráulica com base no uso da água pela atividade em questão (Foster et al., 2006).

O princípio do método apresentado por Gomes (2008) classifica as atividades agrícolas de acordo com a carga potencial de entrada de insumos ou agroquímicos, aliada ao tipo de manejo do solo. A área de afloramento do SAG apresenta, segundo esse método, risco alto de contaminação da água subterrânea.

Foto: CPRM

Método para a classificação das fontes pontuais de contaminação na APRM-SAG

Potencial de carga contaminante	Fonte Pontual de Contaminação		
	Deposição de resíduos sólidos*	Outras (urbanas)	Áreas Industriais **
Elevado	Lixões, aterros controlados e locais de disposição de resíduos sólidos de origem desconhecida	-	Processamento de metais; engenharia mecânica; refinarias de gás e petróleo; produtos plásticos; produtos químicos orgânicos e inorgânicos; farmacêuticos; curtume; pesticidas e elétricos e eletrônicos.
Moderado	Aterro Sanitário e aterros em vala	Postos de gasolina	Ferro e aço; metais não-ferrosos; artefatos de borracha; papel e celulose; sabão e detergente; têxteis; fertilizantes; açúcar e álcool e usina termoelétrica.
Reduzido	Aterro de resíduos inertes	-	Minerais não metálicos; madeira e alimentos e bebidas.

* Critérios definidos pelo IPT e pelo GAT / ** Método POSH (Fonte: Foster *et al.*, 2006)

Método para a classificação das fontes difusas de contaminação na APRM-SAG

Potencial de carga contaminante	Fonte Difusa de Contaminação	
	Saneamento *in situ**	Tipo de cultura **
Elevado	Cobertura da rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 habitantes/ha	Culturas anuais e Culturas semi-perenes
Moderado	Cobertura da rede de esgoto entre 25% a 75% e densidade entre 100 a 550 habitantes /ha	Culturas perenes
Reduzido	Cobertura da rede de esgoto superior a 75% e densidade inferior a 550 habitantes /ha	-

*Método POSH (Fonte: Foster et al., 2006) / ** Classificação dos riscos por Domínio Pedomorfoagroclimático (Fonte: Gomes, 2008)

Foto: CPRM

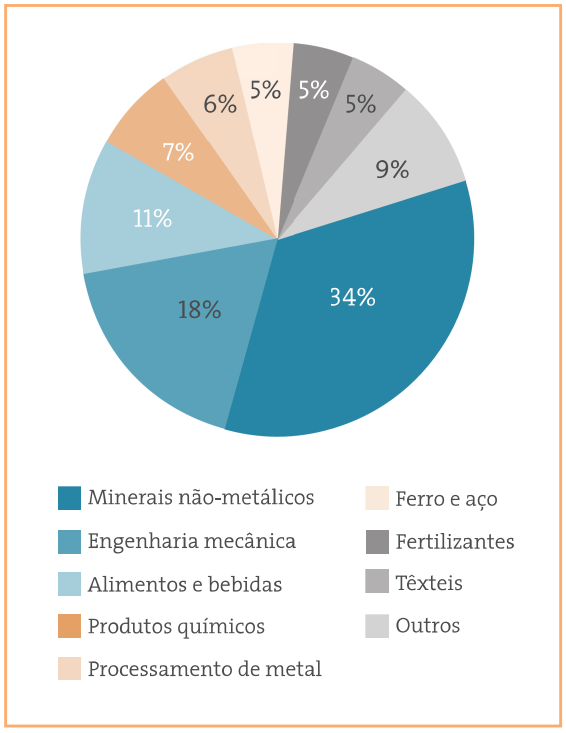
Fontes pontuais potenciais de contaminação

A partir da listagem de empreendimentos cadastrados no Sistema de Fontes de Poluição – Sipol (2009) da Cetesb e contando com o apoio das Agências Ambientais dessa companhia, foram selecionadas, de acordo com o potencial de contaminação da água subterrânea, 302 empreendimentos prioritários, localizados nos municípios inseridos na APRM-SAG.

Desse total, 116 (ou 38%) inserem-se nos limites da APRM-SAG, sendo 99 atividades industriais e 17 atividades de disposição de resíduos. Os municípios de São Carlos e Ribeirão Preto apresentaram a maior quantidade de atividades classificadas com elevado potencial.

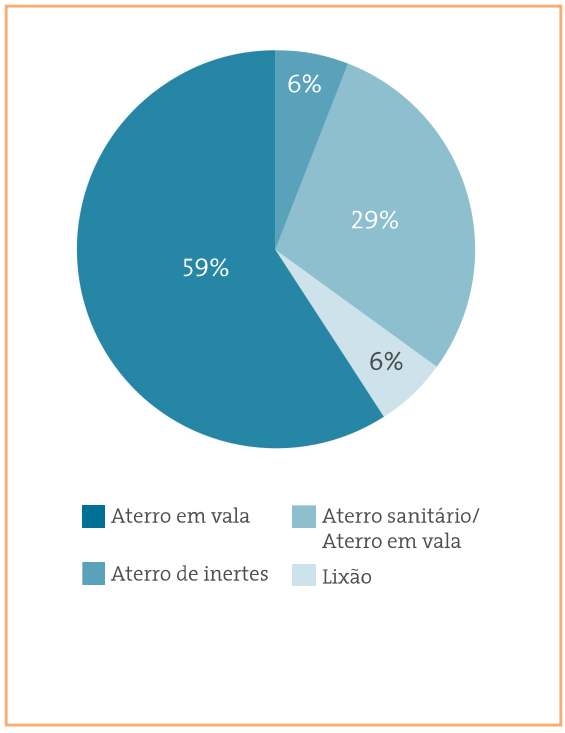
O controle da instalação de atividades potencialmente poluidoras deve ser efetuado de maneira a compatibilizar a atividade com a vulnerabilidade natural do SAG no local, visando a prevenir futuras contaminações. Isso porque, existem áreas declaradas pela Cetesb como contaminadas na APRM-SAG e o custo econômico e, principalmente, os impactos ambientais e sociais, são potencializados depois que uma área é declarada como contaminada, tanto para os órgãos gestores quanto para os empreendedores e para a comunidade.

Classificação de atividades industriais

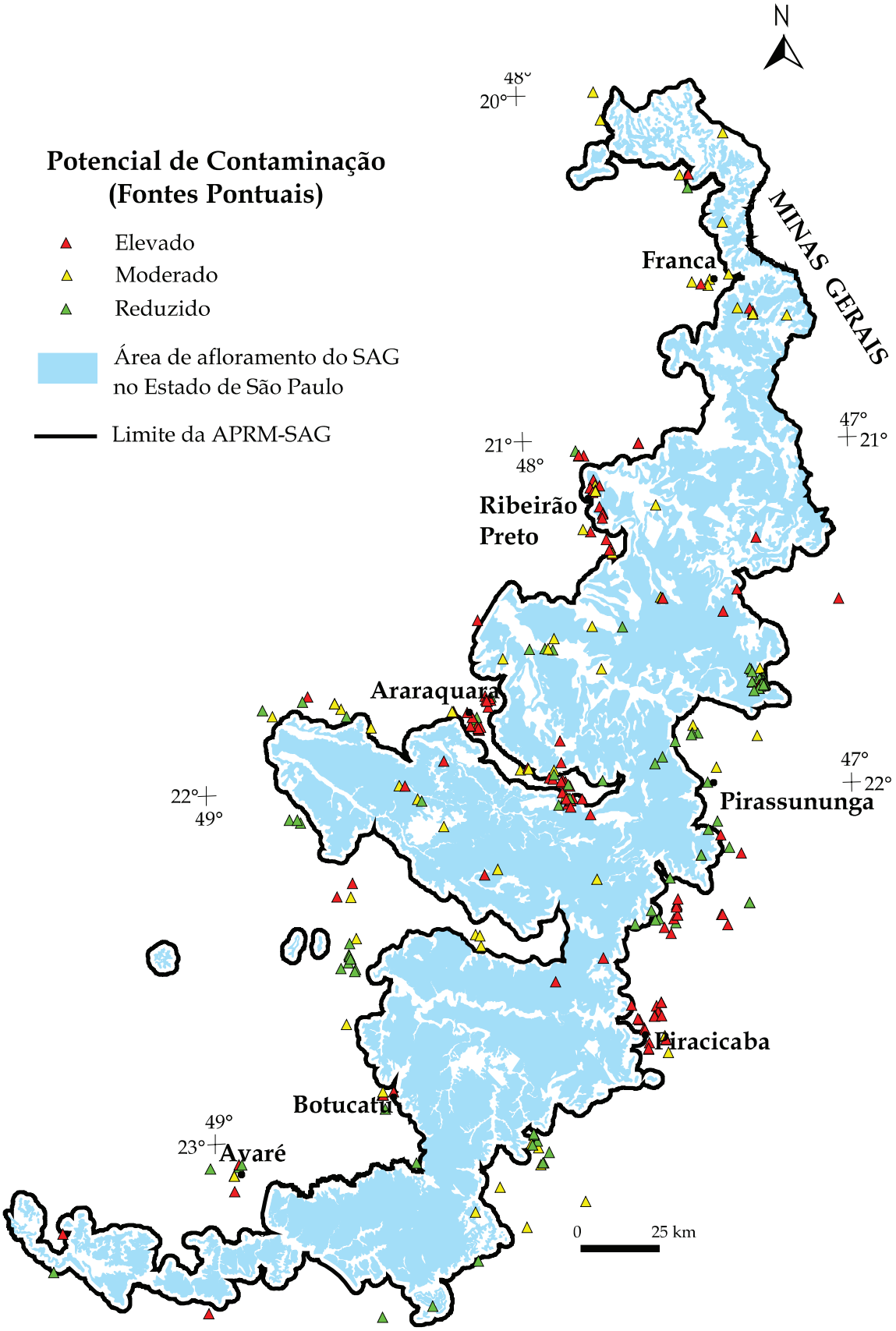


Fonte: Seade (2008).

Classificação das atividades de disposição de resíduos sólidos



Fonte: Seade (2008).


Potencial de Contaminação
(Fontes Pontuais)
Elevado
Moderado
Reduzido
Área de afloramento do SAG
no Estado de São Paulo
Limite da APRM-SAG
N
MINAS GERAIS
Franca
Ribeirão
Preto
Araraquara
Pirassununga
Piracicaba
Botucatu
Avaré
48°
20°
47°
21°
21°
48°
47°
22°
22°
49°
49°
23°
0
25 km

Fontes difusas potenciais de contaminação

A avaliação do potencial de contaminação das fontes difusas foi efetuada considerando o saneamento *in situ* e as atividades agrícolas existentes na região. O resultado indica que a maioria das áreas urbanas inseridas na APRM-SAG tem reduzido potencial de contaminação das águas subterrâneas por fontes difusas. Isso decorre dos elevados índices de cobertura de rede coletora de esgoto alcançados pelos municípios. Apenas os municípios de Anhembi, Rifaina e Torre de Pedra possuem menos de 75% de atendimento.

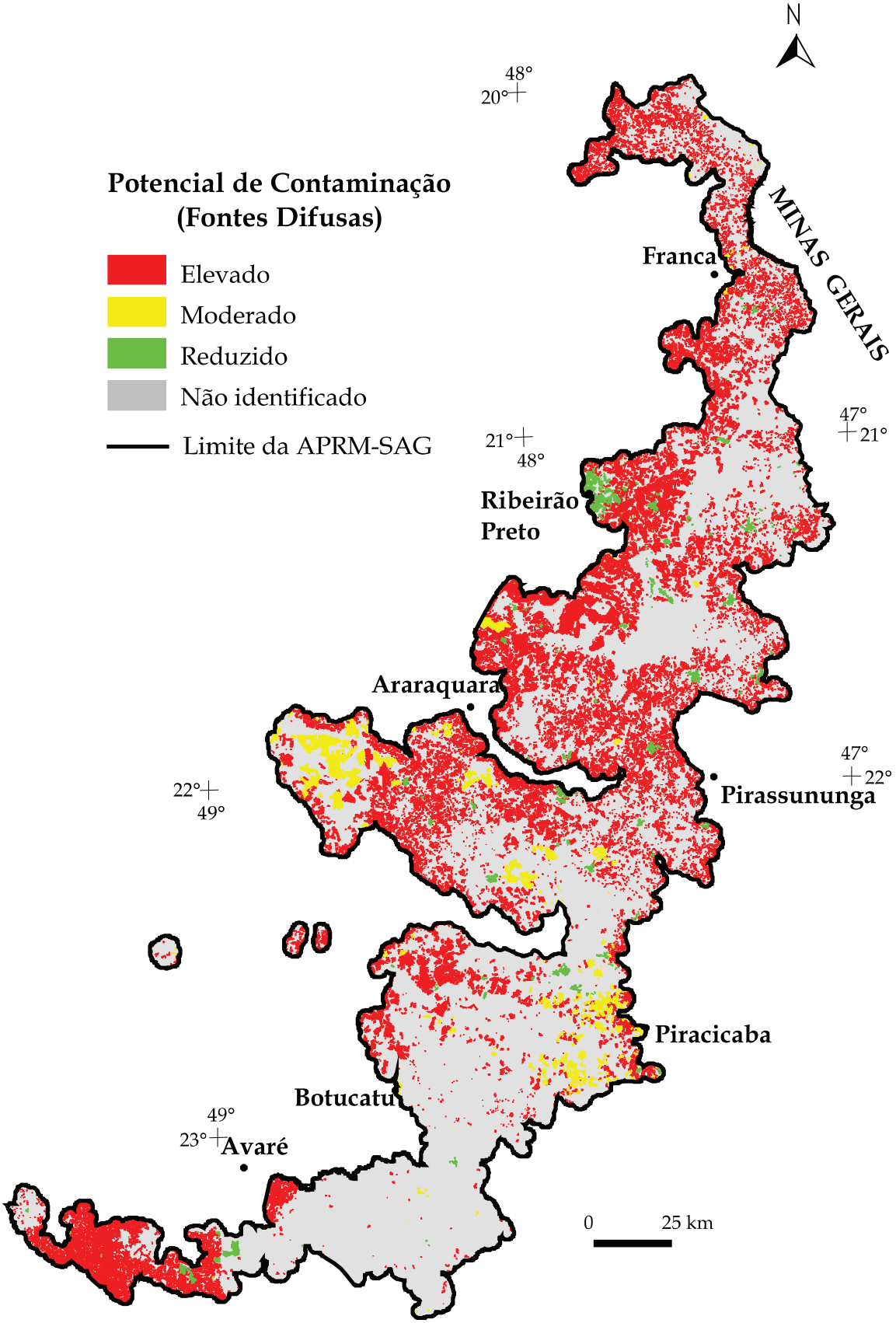
Embora o potencial de contaminação decorrente do saneamento tenha sido classificado como reduzido a moderado, urge a necessidade dos municípios atingirem 100% na coleta e tratamento de esgoto, minimizando, assim, o perigo de contaminação do SAG.

Em relação às áreas de cultura, 91% foram classificadas com potencial elevado de contaminação da água subterrânea, devido, principalmente, a significativa parcela de cultura semi perene, com predomínio do cultivo de cana de açúcar.

A avaliação do potencial de contaminação do SAG, por fontes difusas foi feita considerando uma escala regional. Assim sendo, métodos de detalhamento deverão ser utilizados, sobretudo nas áreas ora caracterizadas com alto potencial contaminante.

Exemplos de potenciais fontes de contaminação difusa (culturas e saneamento *in situ*)

Foto: CPRM


N
Potencial de Contaminação
(Fontes Difusas)
Elevado
Moderado
Reduzido
Não identificado
Limite da APRM-SAG
48°
20°
MINAS GERAIS
Franca
47°
21°
21°
48°
Ribeirão
Preto
Araraquara
47°
22°
Pirassununga
22°
49°
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
0
25 km

CLASSIFICAÇÃO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DA APRM-SAG

A avaliação do perigo de contaminação é efetuada integrando-se o potencial de contaminação frente à classe de vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação. À medida que o grau de vulnerabilidade e o potencial de contaminação das atividades aumentam, por consequência, aumenta o perigo de contaminação.

Perigo de contaminação do SAG

Índice de Vulnerabilidade Natural	Potencial de Contaminação			
	Elevado	Moderado	Reduzido	Não identificado**
Alto-alto	Alto	Alto	Moderado	Não identificado
Alto-baixo				
Médio-Alto	Alto	Moderado	Baixo	
Médio-baixo				
Não Definido*	Não Definido			

* Área não classificada no zoneamento da vulnerabilidade à contaminação da APRM-SAG
** Fonte não existente ou não mapeada na APRM-SAG

Em relação às fontes pontuais, as situações mais preocupantes se apresentam de forma localizada e são apenas um indicativo do que provavelmente ocorre na área, uma vez que o número de atividades observadas na APRM-SAG é pequeno, se comparado ao total de atividades que ocorre na região.


Foto: CPRM

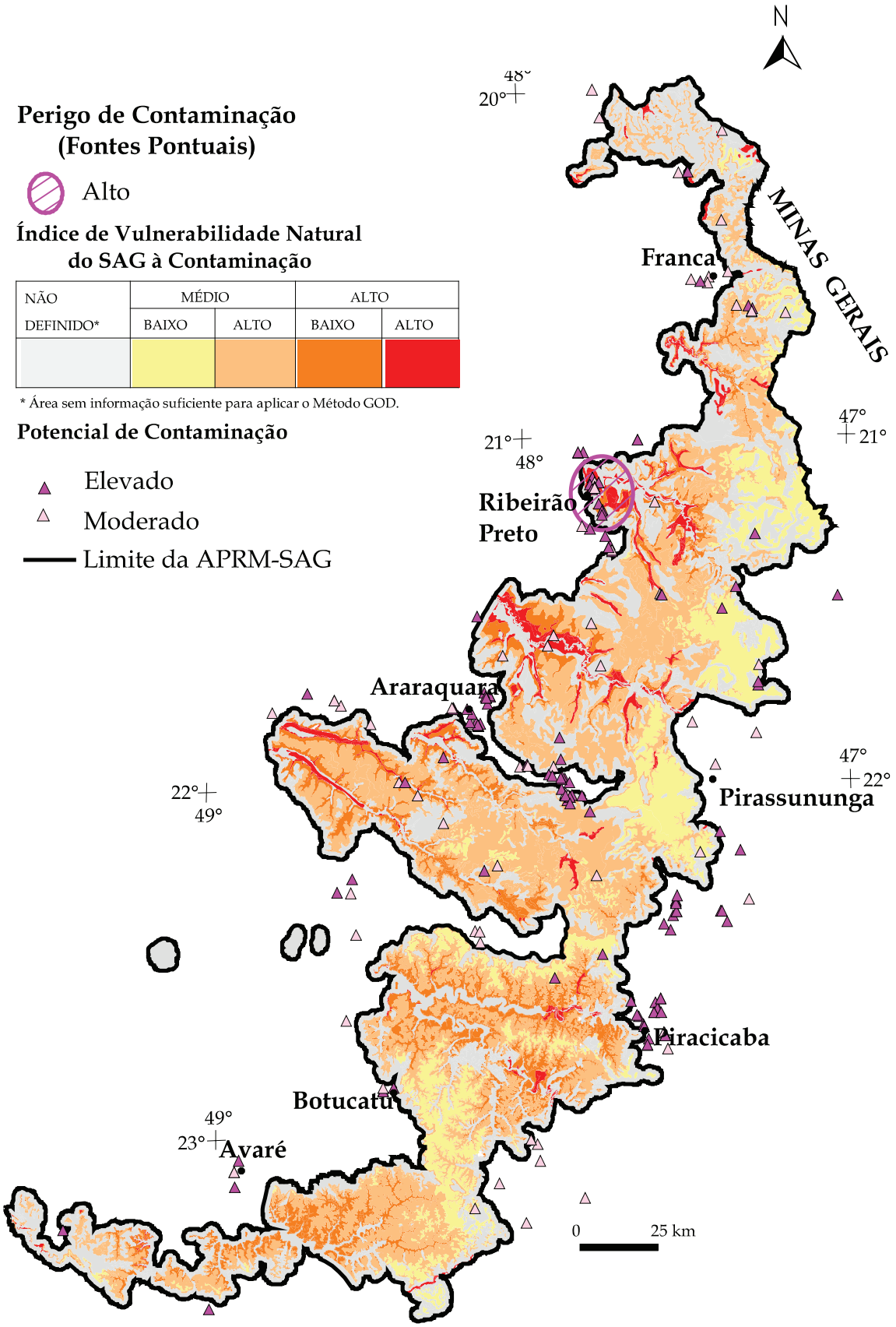

Perigo de Contaminação
(Fontes Pontuais)
Alto
Índice de Vulnerabilidade Natural
do SAG à Contaminação
NÃO DEFINIDO*
MÉDIO
BAIXO
ALTO
ALTO
BAIXO
ALTO
* Área sem informação suficiente para aplicar o Método GOD.
Potencial de Contaminação
Elevado
Moderado
Limite da APRM-SAG
N
MINAS GERAIS
Franca
Ribeirão Preto
Araraquara
Pirassununga
Piracicaba
Botucatu
Avaré
20°
48°
21°
48°
47°
21°
47°
22°
22°
49°
49°
23°
0
25 km


Foto: CPRM

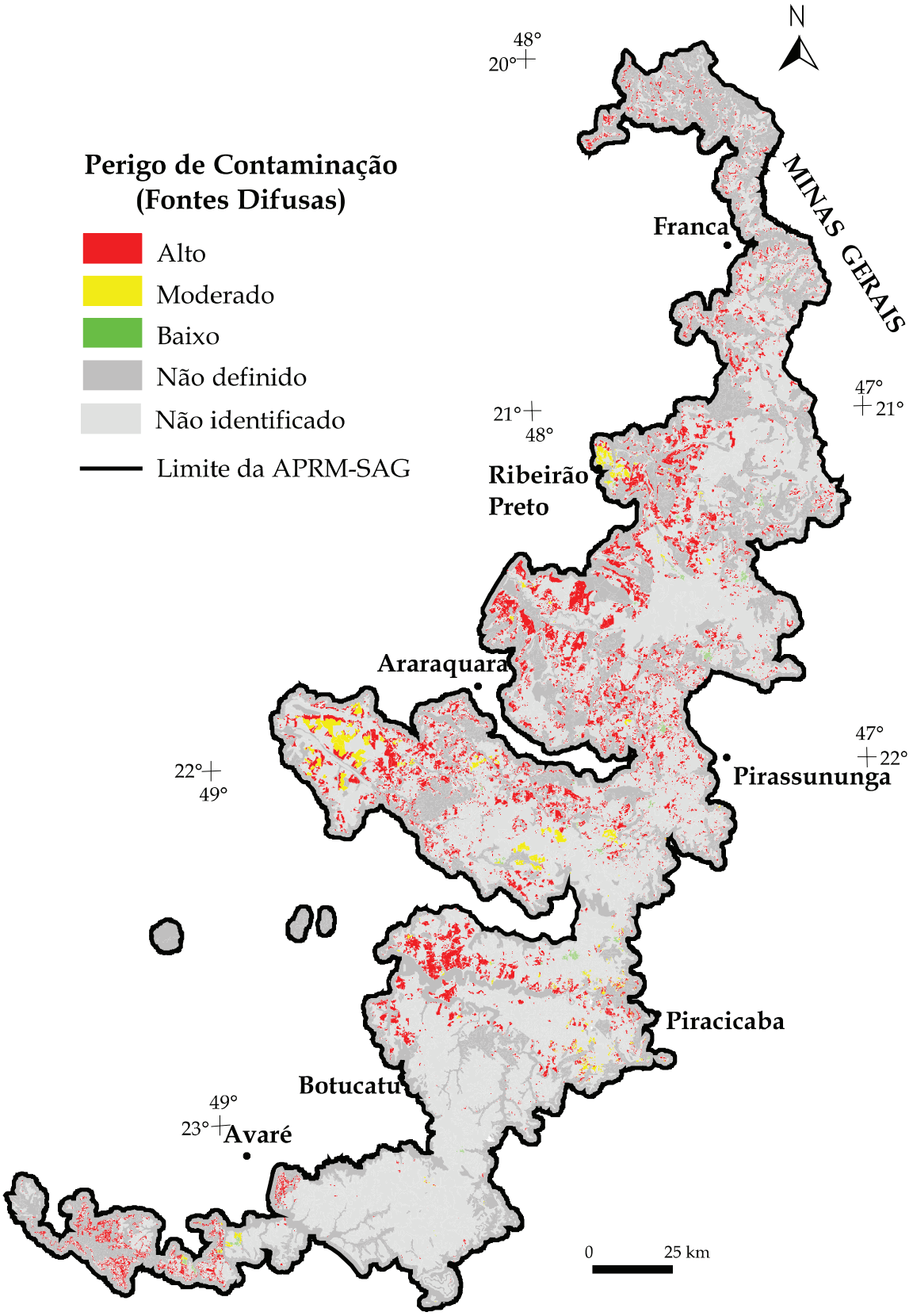
A maior ameaça à contaminação da água subterrânea na APRM-SAG decorre das atividades agrícolas. Por essa razão, medidas voltadas ao estabelecimento de boas práticas agrícolas tornam-se prioritárias.

Perigo de contaminação do SAG

Perigo de contaminação	Área (km²)	% da área da APRM
Baixo	73	0
Moderado	281	1
Alto	2.248	9
Não Definido	10.283	39
Não Identificado	13.224	51
Total	26.110	100

IMPORTANTE

As Boas Práticas Agrícolas (BPAs) constituem um conjunto de procedimentos e recomendações aplicadas para garantir a qualidade do produto agrícola, assim como a saúde, o bem-estar e a segurança do trabalhador rural, além de conservar o meio ambiente por meio da utilização sustentável dos recursos naturais.


Perigo de Contaminação
(Fontes Difusas)
Alto
Moderado
Baixo
Não definido
Não identificado
Limite da APRM-SAG
N
48°
20°
MINAS GERAIS
Franca
47°
21°
21°
48°
Ribeirão
Preto
Araraquara
47°
22°
Pirassununga
22°
49°
Piracicaba
Botucatu
49°
23°
Avaré
0
25 km

Capítulo 7

PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO

A Lei Estadual nº 9.866/97 preconiza que as APRMs sejam compartimentadas em Áreas de Intervenção, com suas respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas, compatíveis com a proteção e recuperação dos mananciais.

Na APRM-SAG as Áreas de Intervenção foram classificadas em:

- Áreas de Restrição à Ocupação (AROs): aquelas consideradas como de essencial interesse para a proteção dos recursos hídricos destinados ao abastecimento público e à preservação, conservação, recuperação dos recursos naturais, e valorização das características cênico-paisagísticas;
- Áreas de Ocupação Dirigida (AODs): aquelas de interesse para a consolidação ou implantação de usos urbanos ou rurais, condicionados a critérios que os compatibilizem com a necessária proteção das áreas vulneráveis e com a manutenção da recarga natural direta do SAG. Foi dividida em subcategorias, a saber: Subárea de *cuestas*, Subárea de proteção especial e Subárea de ocupação controlada; e
- Áreas de Recuperação Ambiental (ARAs): aquelas cujos uso e ocupação sejam incompatíveis com a proteção da área de afloramento do SAG e comprometam a quantidade ou a qualidade hídrica, exigindo intervenções de caráter corretivo.

IMPORTANTE

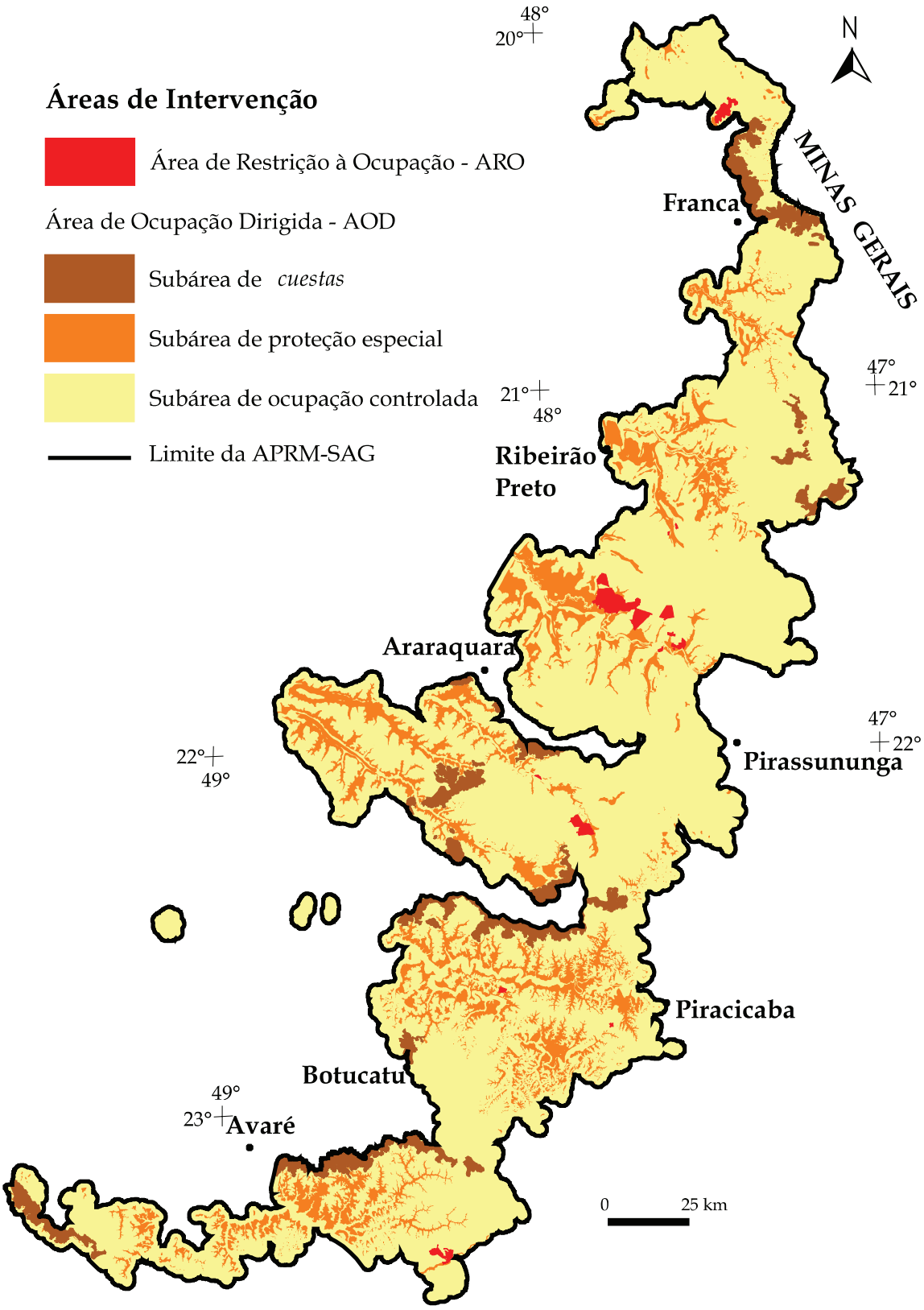
De acordo com a Lei Estadual nº 9.866/97, as Áreas de Intervenção são divididas em três categorias principais: Áreas de Restrição à Ocupação, Áreas de Ocupação Dirigida e Áreas de Recuperação Ambiental.

Para delimitar as áreas de intervenção foram utilizados diversos produtos cartográficos: Mapa Geológico, Mapa Geomorfológico, Mapa de Uso e Ocupação do Solo, Carta de Vulnerabilidade à Contaminação e Carta de Unidades de Conservação e Áreas Correlatas. Foram estabelecidas restrições e controle do uso e ocupação do solo em cada área de intervenção, considerando o diagnóstico regional realizado e a importância de cada sistema no contexto regional.

Porcentagem das áreas de intervenção na APRM-SAG

ÁREA DE INTERVENÇÃO		ÁREA TOTAL (KM²)	% NA APRM
ARO		172,91	0,66
AOD	Subárea de *cuestas*	1.269,90	4,86
	Subárea de proteção especial	3.754,93	14,38
	Subárea de ocupação controlada	20.901,00	80,08
TOTAL		26.098,74	100,00

Foto: CPRM


Áreas de Intervenção
Área de Restrição à Ocupação - ARO
Área de Ocupação Dirigida - AOD
Subárea de cuestas
Subárea de proteção especial
Subárea de ocupação controlada
Limite da APRM-SAG
N
MINAS GERAIS
Franca
Ribeirão Preto
Araraquara
Pirassununga
Piracicaba
Botucatu
Avaré
48° 20°
47° 21°
21° 48°
47° 22°
22° 49°
49° 23°
0 25 km

Características das áreas de intervenção definidas para a APRM-SAG

ÁREAS DE INTERVENÇÃO	SUBÁREAS	COMPREENDE	
ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO (ARO)	Não foram definidas	• áreas de preservação permanente e de reserva legal* • Unidades de Conservação • outras áreas declaradas pelo Poder Público como de especial interesse para a preservação ambiental e dos recursos hídricos	 Foto: CPRM
ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA (AOD)	Subárea de *cuestas*	• faixa de escarpas das *cuestas* basálticas	 Foto: CPRM
	Subárea de proteção especial	• áreas consideradas altamente vulneráveis à contaminação e destinadas à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos	 Foto: CPRM
	Subárea de ocupação controlada	• demais áreas da categoria AOD	 Foto: CPRM
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA) *	Não foram definidas	• áreas-fonte de sedimento; • aglomerações suburbanas (favelas); • lixões; • áreas degradadas por processos do meio físico (erosão, escorregamento, assoreamento, inundação), entre outras	 Foto: CPRM

* áreas não representadas na escala do mapeamento realizado.

A maior parte da APRM-SAG foi enquadrada como Subárea de ocupação controlada, perfazendo aproximadamente 80% da sua área total. Para o uso e ocupação dessa subárea, cada município deverá compatibilizar as diretrizes gerais de ocupação com as peculiaridades de cada região.

As demais categorias da AOD (Subárea de *cuestas* e Subárea de proteção especial), juntas representam, aproximadamente, 20% da APRM-SAG. Essas subáreas possuem importância estratégica para que se atinjam os objetivos do PDPA-SAG, uma vez que representam as porções mais sensíveis da região.

Excetuando-se as UGRHIs 4 e 5, as demais UGRHIs apresentam Parques e/ou Estações Ecológicas na porção de seu território na APRM-SAG. Destaca-se a UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), que possui a maior parcela de área classificada na categoria ARO.

A Subárea de *cuestas* predomina nas UGRHIs 5, 8, 13 e 14. Nessas UGRHIs, está presente a Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí, Botucatu, Tejupá, que foi criada, especialmente, para proteger os atributos ambientais e paisagísticos da região, com destaque às *cuestas* basálticas, as áreas de recarga do SAG, os morros testemunho, a vegetação de transição de Cerrado e de Mata Atlântica, a fauna e o patrimônio cultural.

A maior incidência da Subárea de proteção especial ocorre nas margens das principais drenagens, com destaque para os rios Pardo (UGRHI 4), Piracicaba (UGRHI 5), Mogi-Guaçu (UGRHI 9), Tietê (UGRHI 10) e Jacaré-Pepira (UGRHI 13).

As ARAs não foram mapeadas em decorrência da escala adotada na APRM-SAG (1: 250.000). Uma vez que representam importantes fontes potenciais de contaminação da água do SAG, é necessária a realização de estudos de detalhamento para a identificação das ARAs e adoção das medidas cabíveis.

IMPORTANTE

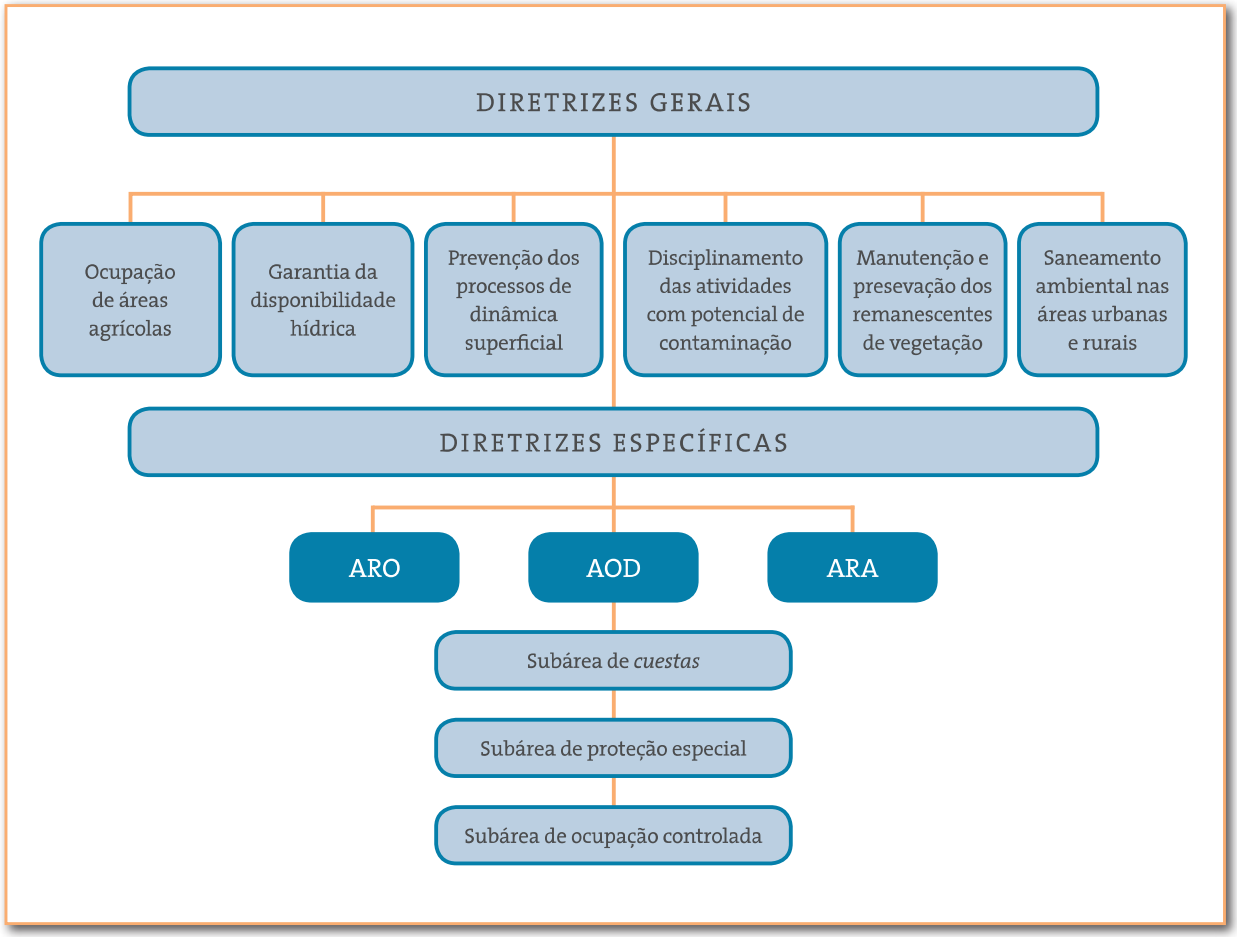
A proposta de Áreas de Intervenção possui caráter regional, devendo ser considerada como o início do processo de disciplinamento territorial da APRM-SAG. É importante a realização de mapeamentos que possibilitem o detalhamento e o aprimoramento do conhecimento, para um adequado planejamento da ocupação atual e futura.

Capítulo 8

PROTEGENDO O SAG

As diretrizes propostas para a APRM-SAG deverão subsidiar a elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) da área de afloramento do Sistema Aquifero Guarani no Estado de São Paulo.

Diretrizes estabelecidas para a APRM-SAG



IMPORTANTE

Devem ser incentivadas continuadamente as ações de educação ambiental, lazer e turismo ecológico, inclusive com o aproveitamento dos equipamentos e das instalações existentes e valorização das características cênico-paisagísticas da região.

Uma vez que a área de afloramento de um aquífero se constitui em uma porção vulnerável à infiltração de contaminantes e que o SAG é um importante manancial subterrâneo, foram estabelecidas diretrizes gerais para a APRM-SAG, de caráter regional, e diretrizes específicas para cada Área de Intervenção (ARO, AOD, ARA), de acordo com as especificidades de cada uma.

DIRETRIZES GERAIS

As projeções de crescimento populacional indicam que haverá um incremento populacional nos municípios inseridos na APRM-SAG. Como decorrência, ocorrerá o aumento da demanda pelo uso da água.

O diagnóstico da APRM-SAG aponta, também, tendência de crescimento do grau de urbanização, que, por sua vez, tende a aumentar as fontes potenciais de contaminação. Além disso, foi diagnosticada a intensificação do uso agrícola. Essa situação implica no aumento da utilização de agroquímicos, o que pode provocar a degradação de rios e lagos e desencadear processos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

O cenário futuro aponta para o aumento dos volumes explotados e possíveis interferências na qualidade da água. Nesse sentido, as diretrizes gerais para a APRM-SAG visam evitar o comprometimento das reservas subterrâneas decorrentes de eventuais problemas de contaminação e, também, de superexplotação, para garantir o atendimento das necessidades humanas atuais e futuras e o aproveitamento sustentável do Sistema Aquífero Guarani.

IMPORTANTE

Quanto mais comprometidos estiverem os rios e corpos hídricos superficiais, maior será a demanda pela utilização da água subterrânea.

Diretrizes voltadas à ocupação das áreas agrícolas

Na APRM-SAG, a classe agrícola é predominante e ao longo de toda a sua extensão observam-se plantações de cana-de-açúcar, laranja, café, entre outras. A prática da agricultura e a utilização intensiva de agroquímicos representam fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas, principalmente, quando realizadas em solos arenosos, muito friáveis, permeáveis e com baixa capacidade de reter poluentes.

Uso de agroquímicos em culturas

Fertirrigação utilizando vinhaça em canavial

Fotos: CPRM

Queimada em cultura de laranja

Foto: CPRM

Algumas diretrizes voltadas à ocupação das áreas agrícolas:

- ampliar as pesquisas a respeito da contaminação da água subterrânea associada ao uso de agroquímicos
- implementar ações visando as Boas Práticas Agrícolas
- controlar e fiscalizar as atividades agrícolas que utilizam produtos tóxicos
- estimular o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas nas áreas rurais

Diretrizes visando à garantia da disponibilidade hídrica

A recarga de um aquífero ocorre basicamente a partir da infiltração de água das chuvas, o que depende de fatores como o clima, a vegetação, o tipo de solo, o relevo, a drenagem, entre outros. Na APRM-SAG existe a predominância de solos porosos e permeáveis, que naturalmente favorecem a infiltração.

Algumas diretrizes visando à garantia da disponibilidade hídrica:

- regularizar as outorgas de uso da água subterrânea
- controlar as captações, para que não se atinjam níveis de superexplotação
- promover estudos detalhados para a quantificação da disponibilidade hídrica do SAG
- incentivar o uso racional da água
- preservar as áreas planas, as áreas de várzea e as nascentes

Foto: CPRM

Áreas com relevo plano e suave ondulado

Foto: IPT

Poço tubular em operação

Diretrizes voltadas à prevenção dos processos de dinâmica superficial

A APRM-SAG apresenta, em diferentes graus, suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, o que pode impactar, direta ou indiretamente, as águas subterrâneas. A erosão influencia diversos aspectos do meio físico, ocasionando o assoreamento dos corpos d'água superficiais e a alteração da qualidade natural da água. No entanto, pode contribuir, também, para a perda de áreas utilizadas para as atividades agropecuárias, ao carrear os horizontes mais ricos em nutrientes e degradar o solo.

Os arenitos das formações Botucatu e Piramboia geralmente decompõem-se em solos arenosos pouco férteis, podendo dar origem a extensas coberturas de areias soltas avermelhadas a róseas, extremamente frágeis do ponto de vista de resistência à erosão.

Exemplo de assoreamento dos corpos d'água

Processo erosivo se instalando em talude

Fotos: CPRM

Algumas diretrizes voltadas à prevenção e controle de processos de dinâmica superficial:

- **mapear a susceptibilidade natural à erosão**
- **fixar exigências especiais para a ocupação em áreas declivosas**
- **controlar as atividades que prejudicam as condições de estabilidade, como a retirada de vegetação, cortes e aterros, entre outras**
- **priorizar as culturas de longo ciclo e evitar as práticas de agricultura mecanizada em áreas de maior declive**
- **recuperar as áreas com processos erosivos já iniciados.**

Diretrizes visando o disciplinamento das atividades com potencial de contaminação do SAG

Em geral, qualquer atividade pode vir a contaminar as águas subterrâneas (indústrias, postos de combustível, locais de disposição de resíduos, etc.). Sendo assim, para o licenciamento de novos empreendimentos, bem como a regularização dos já existentes, é necessário considerar as fragilidades da APRM-SAG.

Algumas diretrizes visando o disciplinamento das atividades com potencial de contaminação do SAG:

- evitar a instalação de loteamentos e a expansão da área urbana nas áreas de várzeas
- avaliar os processos produtivos empregados, as matérias-primas utilizadas, assim como os produtos e resíduos gerados pelas atividades industriais
- proibir a implantação e a ampliação de atividades, obras e empreendimentos que resultem na disposição de efluentes com características físico-químicas e biológicas que possam significar ameaças à qualidade de água do manancial subterrâneo
- exigir do empreendedor a implantação de um programa de monitoramento de qualidade do solo e das águas subterrâneas

Exemplo de atividade industrial

Exemplo de local de disposição inadequada de resíduos sólidos

Fotos: CPRM

Diretrizes para a manutenção e preservação dos remanescentes de vegetação

A APRM-SAG possui importantes áreas com remanescentes de vegetação que contribuem para a recarga do aquífero. A categoria da cobertura vegetal atual representa cerca de 23% da APRM-SAG.

Observa-se o avanço do desmatamento na APRM-SAG, principalmente, na direção das escarpas. Essas feições representam importantes corredores ecológicos, possuem relativa importância para a recarga dos aquíferos, auxiliam na prevenção da ocorrência de processos erosivos e contribuem para o equilíbrio natural dos ecossistemas.

Escarpa desmatada na Serra de São Pedro

Paisagem sem vegetação

Fotos: CPRM

Algumas diretrizes visando à manutenção e preservação dos remanescentes vegetais:

- **impedir as atividades antrópicas que resultem em impactos ou extinção de espécies da flora e fauna**
- **condicionar a ocupação da área com atividades ou empreendimentos que assegurem a permeabilidade natural do solo e que possuam parcelas de áreas verdes representativas**
- **priorizar a manutenção e a preservação dos remanescentes de vegetação existentes e promover a revegetação de locais degradados**
- **incentivar a criação de áreas protegidas, de áreas verdes e de equipamentos comunitários, visando à preservação de áreas florestadas**

Diretrizes voltadas ao saneamento ambiental nas áreas rurais e urbanas

As comunidades da zona rural são dispersas e pouco adensadas, o que dificulta a implantação de rede de distribuição de água e coleta de esgoto. A solução comumente adotada é a captação por meio de poços tubulares ou cacimba e a disposição dos efluentes por meio de fossas sépticas, ou ainda, "fossas negras". O lixo, por sua vez, é disposto em valas ou escavações rasas ou são lançados nos mais diferentes locais (margens de rodovias, leitos de cursos d'água, terrenos baldios, etc.), ou simplesmente queimados nas próprias residências.

Algumas diretrizes gerais voltadas ao saneamento ambiental nas áreas rurais:

- **atender as recomendações técnicas e as normas vigentes relacionadas à construção de fossas sépticas e a construção de poços tubulares profundos e poços cacimba**
- **implantar fossa séptica biodigestora**
- **incentivar a triagem, a reutilização, a reciclagem e a compostagem do lixo orgânico**
- **estimular a coleta do lixo inorgânico, mesmo que com frequência esporádica**

Foto: CPRM

Exemplo de ocupação dispersa

No meio urbano, a necessária proteção do manancial depende da melhoria progressiva do sistema público de saneamento ambiental.

Foto: CPRM

Exemplo de área urbana consolidada

Algumas diretrizes gerais voltadas ao saneamento ambiental nas áreas urbanas:

- **proteger o entorno dos poços tubulares ativos e tamponar os poços abandonados**
- **incentivar a ampliação e reduzir vazamentos das redes coletoras de esgoto**
- **proibir a disposição de resíduos sólidos provenientes de municípios fora da APRM-SAG**
- **selecionar áreas fora da APRM-SAG para a instalação de novos aterros sanitários e estimular a adoção de medidas intermunicipais**

DIRETRIZES ESPECÍFICAS

Considerando as particularidades de cada Área de Intervenção foram estabelecidas diretrizes específicas para a ocupação das AROs, AODs e ARAs, sendo que, para a AOD, as diretrizes são apresentadas por subárea.

As ações indicadas deverão ser subsidiadas por recursos advindos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (Fehidro). Por esse motivo, é importante reforçar que as discussões, a serem feitas no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs), devem contar, necessariamente, com a participação dos municípios, fato já previsto na Lei Estadual nº 7.733/91.

É fundamental a integração entre o PDPA e os Planos Diretores dos municípios que estão inseridos na APRM-SAG, bem como com os demais instrumentos de política urbana municipal, os Planos de Bacia Hidrográfica, entre outros. A lei de proteção e recuperação dos mananciais indica que é necessário conciliar as políticas urbanas com as políticas ambientais em curso nas áreas protegidas, condição fundamental para a sua real efetividade.

Quando forem identificadas áreas que se enquadram nas demais subáreas de AOD, ou demais categorias das Áreas de Intervenção, mas que não foram cartografadas, devido à escala do mapeamento, deve-se adotar as diretrizes mais restritivas.

IMPORTANTE

As diretrizes de caráter regional, apresentadas anteriormente, devem ser adotadas em toda a APRM-SAG, independente da Área de Intervenção.

Foto: CPRM

Diretrizes específicas para as Áreas de Intervenção na APRM-SAG

ÁREA DE INTERVENÇÃO	SUBÁREA	PRINCIPAIS DIRETRIZES ESPECÍFICAS
ARO	–	I – possibilitar a realização de atividades de recreação e lazer, educação ambiental e pesquisa científica; II – permitir a implantação de instalações sanitárias e de infraestrutura, quando essenciais para o controle e a recuperação da qualidade das águas; III – permitir intervenções de interesse social e ambiental; e IV – promover o manejo sustentável da vegetação.
AOD	Subárea de *Cuestas*	I – impedir a ocupação ou continuidade de adoção de práticas que resultem na supressão da vegetação; II – evitar o avanço das práticas agrícolas nas áreas próximas aos topos das escarpas; e III – estimular o estabelecimento de planos que promovam o ecoturismo nas áreas das escarpas.
	Subárea de Proteção Especial	I – não permitir a implantação de indústrias de alto risco ambiental e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental ou de extrema periculosidade; II – não permitir a ocupação da área por atividades agrícolas que utilizem produtos tóxicos de grande mobilidade.
	Subárea de Ocupação Controlada	I – atender todas as diretrizes gerais estabelecidas para a APRM-SAG.
ARA	–	A ser definida de acordo com o tipo de recuperação necessária.


Foto: CPRM

PROGRAMAS AMBIENTAIS

O PDPA representa uma nova proposta de planejamento territorial, uma vez que visa a proteção de um manancial subterrâneo de interesse regional. Sendo assim, para o atendimento às diretrizes gerais e específicas propostas, faz-se fundamental a articulação dessas com as demais ações, programas e metas estabelecidas no Estado São Paulo.

O Estado de São Paulo e os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) já vêm propondo e desenvolvendo diversas ações visando à proteção dos recursos hídricos, estando, em linhas gerais, as metas e os Planos de Duração Continuada (PDCs), o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) 2004-2007 e as ações dos Planos de Bacia alinhadas com as diretrizes propostas.

Deve-se, também, observar os Planos Diretores Municipais, uma vez que é o instrumento que orienta o padrão de desenvolvimento e ocupação do território no âmbito municipal.

Mediante a situação avaliada e sob uma perspectiva de que as ações devam ser realizadas de forma integrada e participativa, foram estabelecidos programas ambientais visando a proteção do manancial SAG. Entende-se que, com as ações desenvolvidas no formato de programas integrados, os esforços e os recursos tendem a ser otimizados e é possível atingir mais rapidamente os objetivos do PDPA.

IMPORTANTE

Sabe-se que a execução das ações propostas está condicionada às complexidades institucionais, técnicas e financeiras. Para que esse processo ocorra é fundamental a integração e cooperação entre as instituições gestoras do Estado de São Paulo, os CBHs, e os demais atores envolvidos na proteção e recuperação dos mananciais.

Os programas propostos correspondem a uma primeira proposta de integração das ações na APRM-SAG. Por isso, a previsão de custos deverá ser realizada quando for possível detalhar cada atividade, depois de estabelecidas as devidas competências para a execução das mesmas.

Proposta de Programas Ambientais Integrados

Programas Ambientais Integrados	Diretrizes Gerais
Programa Integrado de Monitoramento da Qualidade Ambiental	Diretrizes voltadas ao saneamento ambiental nas áreas rurais e urbanas
	Diretrizes voltadas à ocupação das áreas agrícolas
	Diretrizes visando o disciplinamento das atividades com potencial de contaminação do SAG
Programa Integrado para a Garantia da Disponibilidade Hídrica	Diretrizes visando à garantia da disponibilidade hídrica
Programa de Recuperação e Conservação da Cobertura Vegetal	Diretrizes para a manutenção e preservação dos remanescentes vegetais
Programa de Educação Ambiental	Diretrizes voltadas à ocupação das áreas agrícolas
Programa voltado ao Turismo	Diretrizes para a manutenção e preservação dos remanescentes vegetais
Programa Integrado para o Controle de Erosão	Diretrizes voltadas à prevenção dos processos de dinâmica superficial
Programa de Reenquadramento das ARAs	Todas as diretrizes

Considerações finais

A elaboração do primeiro Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) para a proteção do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo cumprirá mais uma etapa no processo de implementação da Lei Estadual nº 9.866/97, conhecida como "Lei de Proteção dos Mananciais".

O PDPA contribuirá para que a Secretaria do Meio Ambiente (SMA), por meio da sua Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) e, por conseguinte, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), disponham de um importante instrumento para a gestão de uma região estratégica para recarga do SAG.

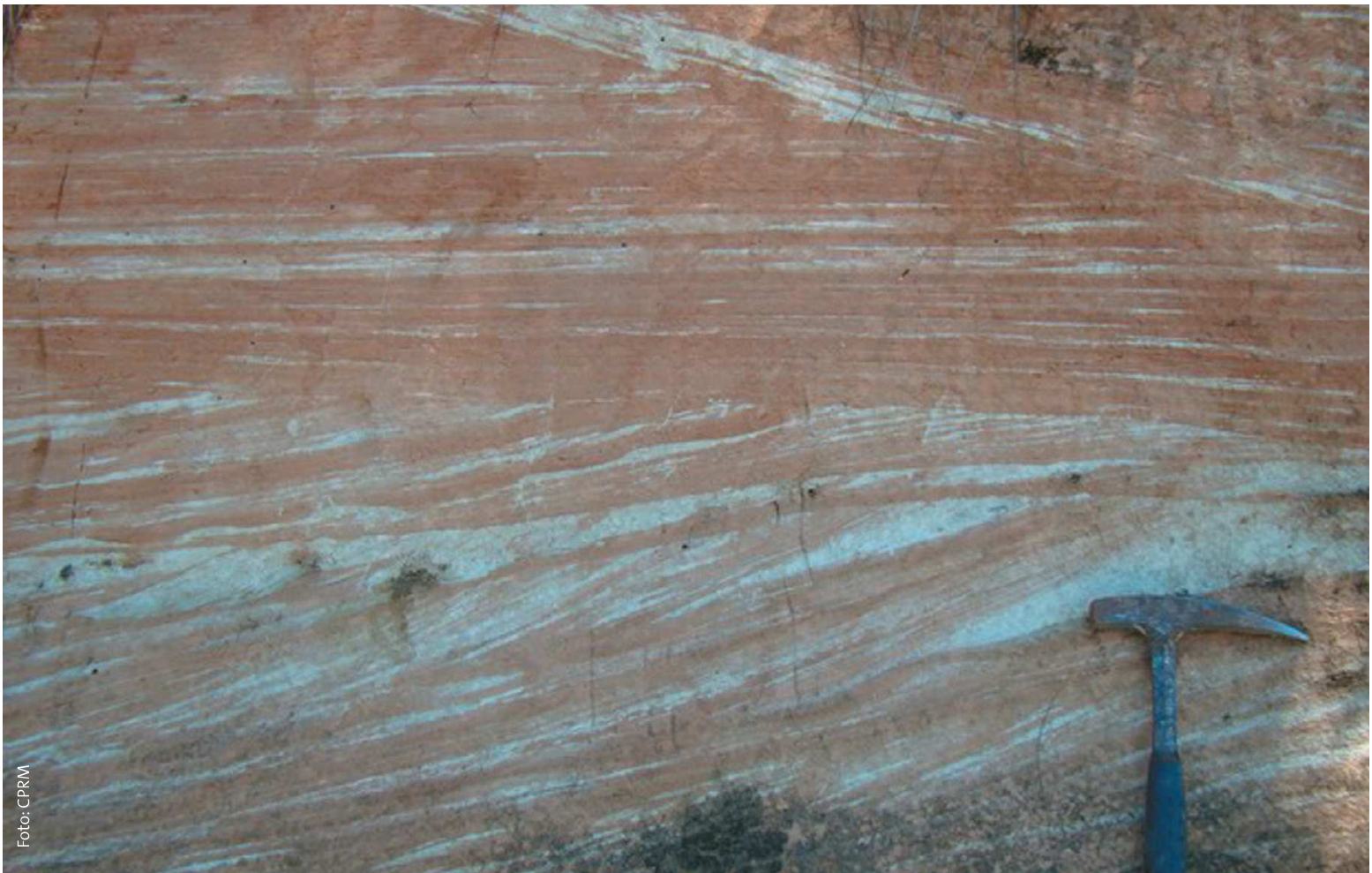


Foto: CPRM

Ao mesmo tempo, constata-se a necessidade de desenvolvimento de estudos específicos, no sentido de se atingir uma base técnica de conhecimento para a adequada gestão do território e dos recursos hídricos. O Sistema Gerencial de Informações deve ser a base para a operacionalização da gestão da APRM-SAG.

Considerando toda a complexidade já retratada, é recomendado que o controle e a fiscalização das atividades sejam realizadas de forma integrada pelos órgãos competentes do poder público – DAEE, Cetesb, entre outros – seja por meio da criação do grupo integrado de fiscalização previsto na Lei Estadual nº 9.866/97, ou de outro arranjo institucional.

Portanto, para a efetivação do PDPA, é necessário colocar em prática dois grupos de medidas, a saber:

- ações essencialmente técnicas, relacionadas à coleta e ao tratamento de dados e à melhoria dos diagnósticos e prognósticos; e
- ações políticas, nas quais interagem o governo e a sociedade civil.

Conforme estabelecido na Lei Estadual nº 9.866/97, o PDPA deve ser revisto periodicamente por meio de um processo dinâmico e democrático de gestão participativa entre os órgãos públicos, a sociedade civil e o setor privado.

É importante lembrar, ainda, que, para a efetiva proteção do SAG, deve-se considerar o aquífero em sua totalidade. Essa condição envolve grandes porções do território paulista, além de outros estados brasileiros e de outros países nos quais o SAG ocorre, confinado e aflorante, formando o que se constitui um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo.

Bibliografia

ALBINET, M.; MARGAT, J. Cartographie de la vulnerabilite a la pollution des nappes d'eau souterraine. **Bull. BRGM 2me Series**, v. 3, n. 4, p. 13-22, 1970.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção I, p. 266.

CAETANO-CHANG, M.R. & WU, F.T. Bacia do Paraná: formações Pirambóia e Botucatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Roteiro de Excursão...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v. 2, p. 1-19.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo-2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001 e dá outras providências**. São Paulo: CETESB, 2005.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2004-2006**. São Paulo: Cetesb, 2007.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório de 2007**. São Paulo: Cetesb, 2008a. 180 p. il. (Série Relatórios/ SMA). Disponível em: <http://www.cetesb.gov.sp.br>. Acesso em: fev. 2009.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2008b. (Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>. Acesso em: abr.2010).

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das Águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2007-2009**. São Paulo: Cetesb, 2010.

CRH – CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007**. Resumo. São Paulo, DAEE, 2006. 92 p.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA & UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000**. São Paulo: Convênio DAEE/ UNESP, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 1984. (Compilação eletrônica Lebac/ IGCE/ Unesp, 2009).

FOSTER, S. *et al.* **Groundwater quality protection**. Washington, D. C: World Bank, 2002. 202 p.

GIANINI, P. C. F. *et al.* Paleoventos e paleocorrentes subaquosas do sistema deposicional Pirambóia nos estados de São Paulo e Paraná, Bacia do Paraná: estudo baseado em análise estatística de dados azimutais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 2, p. 282-292, jun. 2004.

GOMES, M. A. F. (Ed.). **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental**. Brasília: EMBRAPA, 2008. 417 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: fev. 2009.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: IG/ Cetesb/ DAEE, 1997. 2 v. mapas. (Série Documentos).

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2009. 104p. 2a. edição.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. **Bol. Geociênc. Petro**. v. 8, p. 69–82, 1994.

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

ROCHA, G. A. O grande manancial do Cone Sul. **Estudos avançados**. São Paulo, vol. 11, n. 30, 1997.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Índice Paulista de Responsabilidade Social**. São Paulo: Seade, 2006.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Informações dos Municípios Paulistas**. São Paulo: Seade, 2008. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php>. Acesso em out. 2009.

SMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 2001. 64 p. il. mapas.

SMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento do uso e ocupação do solo no Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 2009.