

Subsídios geológicos e ambientais para a proteção de áreas de recarga de aquíferos: exemplo do sistema aquífero Guarani no Estado de São Paulo

José Luiz Albuquerque Filho

Palestra apresentado no : SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, 9., SEMANA DE GEOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO, 22 A 26 DE nov., 2021.

*A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO, APENAS CONSULTA***

IX Semana de Estudos Geológicos da Universidade Federal do Espírito Santo

VII Semana de Geologia do Espírito Santo

22 a 26 de novembro de 2021



JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO
(albuzelu@ipt.br)

PALESTRA

“Subsídios geológicos e ambientais para a proteção de áreas de recarga de aquíferos: Exemplo do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo”

Dia 25 de novembro de 2021

10:00 h as 11:00 h

Hidrogeólogo, Pesquisador da Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas (SPRSF) da Área de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Doutorado pela UNESP (Campus Rio Claro), Agente Técnico pelo IPT do FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos) e representante do Instituto em Câmaras Técnicas de Águas Subterrâneas (CT-AS) em Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs), tendo já desenvolvido cerca de 25 Diagnósticos da Situação e Planos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, além de vários estudos e pesquisas em águas subterrâneas.

INFORMES GERAIS DO PROJETO

Execução

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

Colaboração na Execução

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

IG – Instituto Geológico (SMA/SP)

Financiamento

Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO (SP)

Tomador dos Recursos Financeiros

Secretaria de Estado Meio Ambiente – SMA (SP)

Coordenadoria de Planejamento Ambiental - CPLA

Acompanhamento:

**Grupo de Acompanhamento Técnico – GAT
(SMA/CPLA, CRHi/SMA, IG, CETESB, DAEE)**

Agente Técnico FEHIDRO - CETESB

PRESSUPOSTOS AQUÍFERO GUARANI

- 1) Área afloramento/recarga vulnerável
- 2) Maior manancial do Estado
- 3) Crescente uso no abastecimento público

+

LEI ESTADUAL 9.866/97

Proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado



Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental do SAG PDPA-SAG

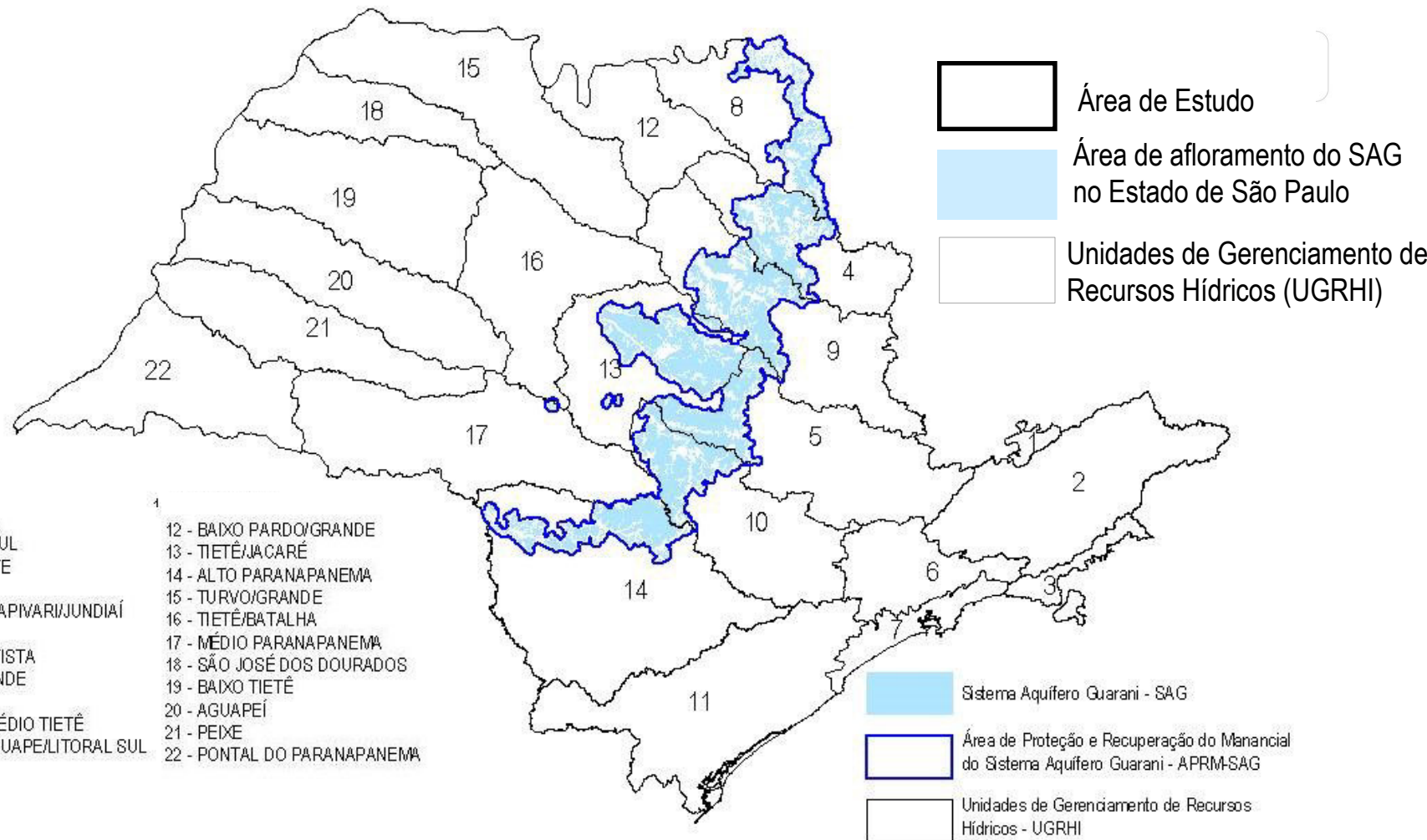
Título do Projeto

Diagnóstico ambiental para subsídio ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do sistema aquífero guarani no estado de São Paulo – PDPA-SAG

Objetivos do Projeto

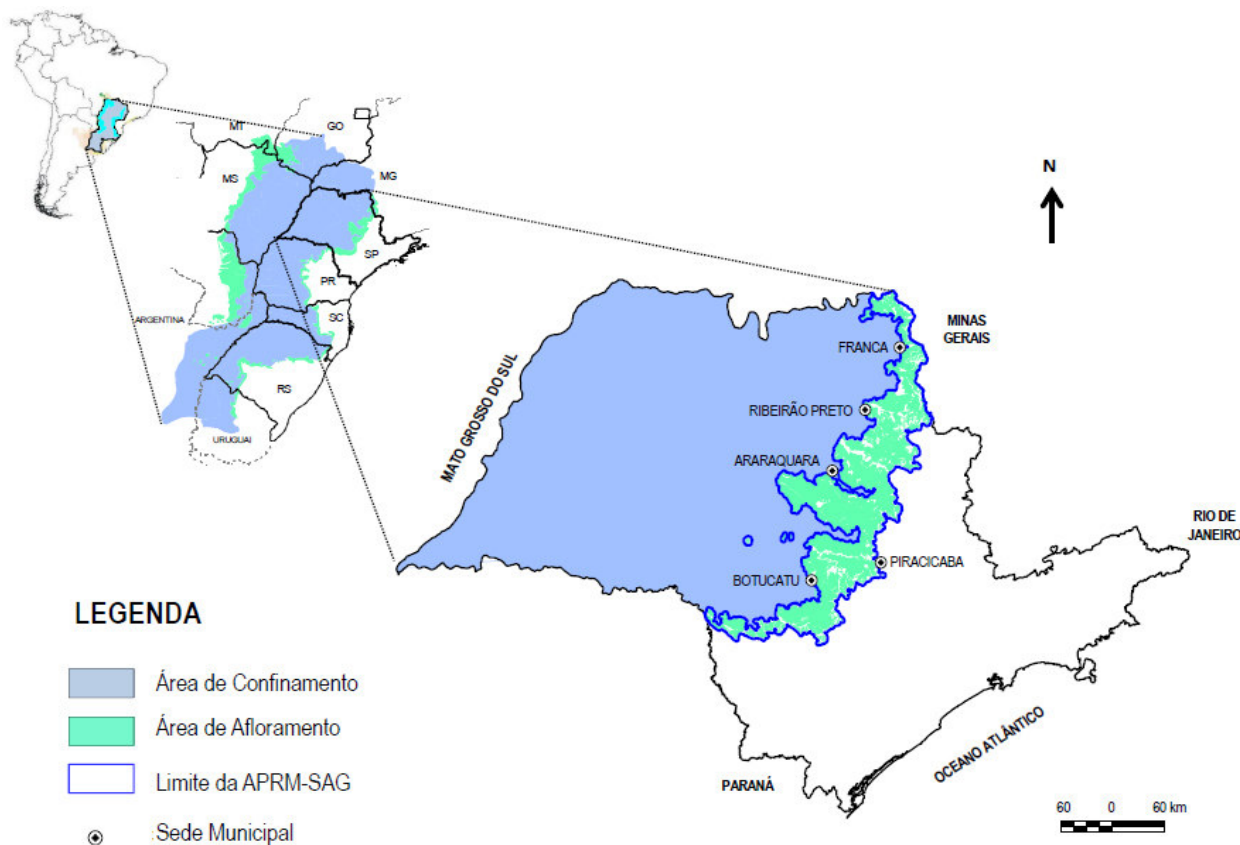
1. Preservar, conservar e recuperar o SAG
2. Promover a gestão participativa
3. Ações de preservação e proteção com o uso e ocupação do solo
4. Ações de preservação e proteção com o desenvolvimento socioeconômico
4. Descentralizar o planejamento e a gestão do SAG
5. Integrar os programas e políticas habitacionais à preservação do meio ambiente

ABRANGÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO NAS UGRHIS DO SISTEMA DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PAULISTA



Área de estudo: *buffer* de 2,0 km no entorno da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo.

ÁREA DE ESTUDO



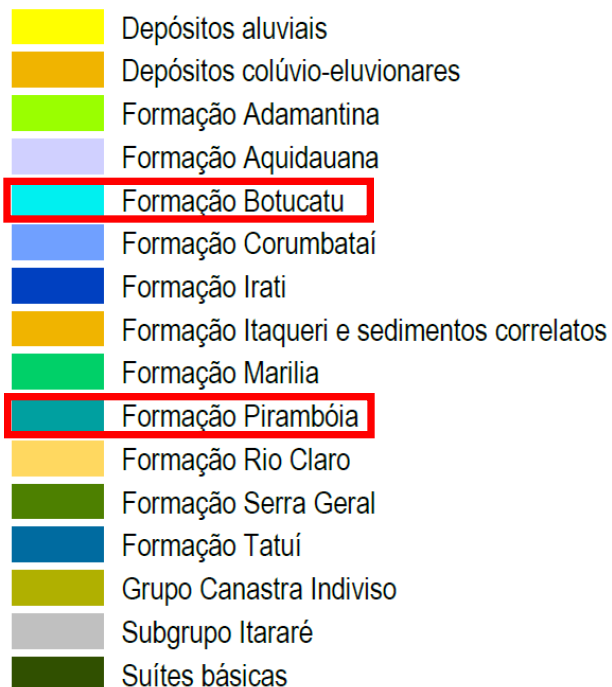
Breve “Ficha Técnica” do SAG (>> importância):

- ✓ Um dos maiores do mundo (4 países; 1.087.879 km²)
- ✓ No Brasil: oito estados (839.800 km²)
- ✓ É o maior do Estado de São Paulo (143.000 km²)
- ✓ Em SP maior porção é confinada e 15.000 km² é livre
- ✓ Crescente utilização para usos urbanos e agrícolas
- ✓ Mais de 100 mun. usam água (Rib.Preto, S.J.R.Preto,etc)
- ✓ Mais de 100 municípios paulistas utilizam SAG, entre outros: Ribeirão Preto (100%); Araraquara (50%); São Carlos (50%); e São José do Rio Preto (40%)
- ✓ Área de Estudo (Proposta de APRM): 26.100 km²
- ✓ Inclui área de 105 municípios (total ou parcial de cada)
- ✓ 7 UGRHIs (unidades de gestão paulistas - rec. hídricos)

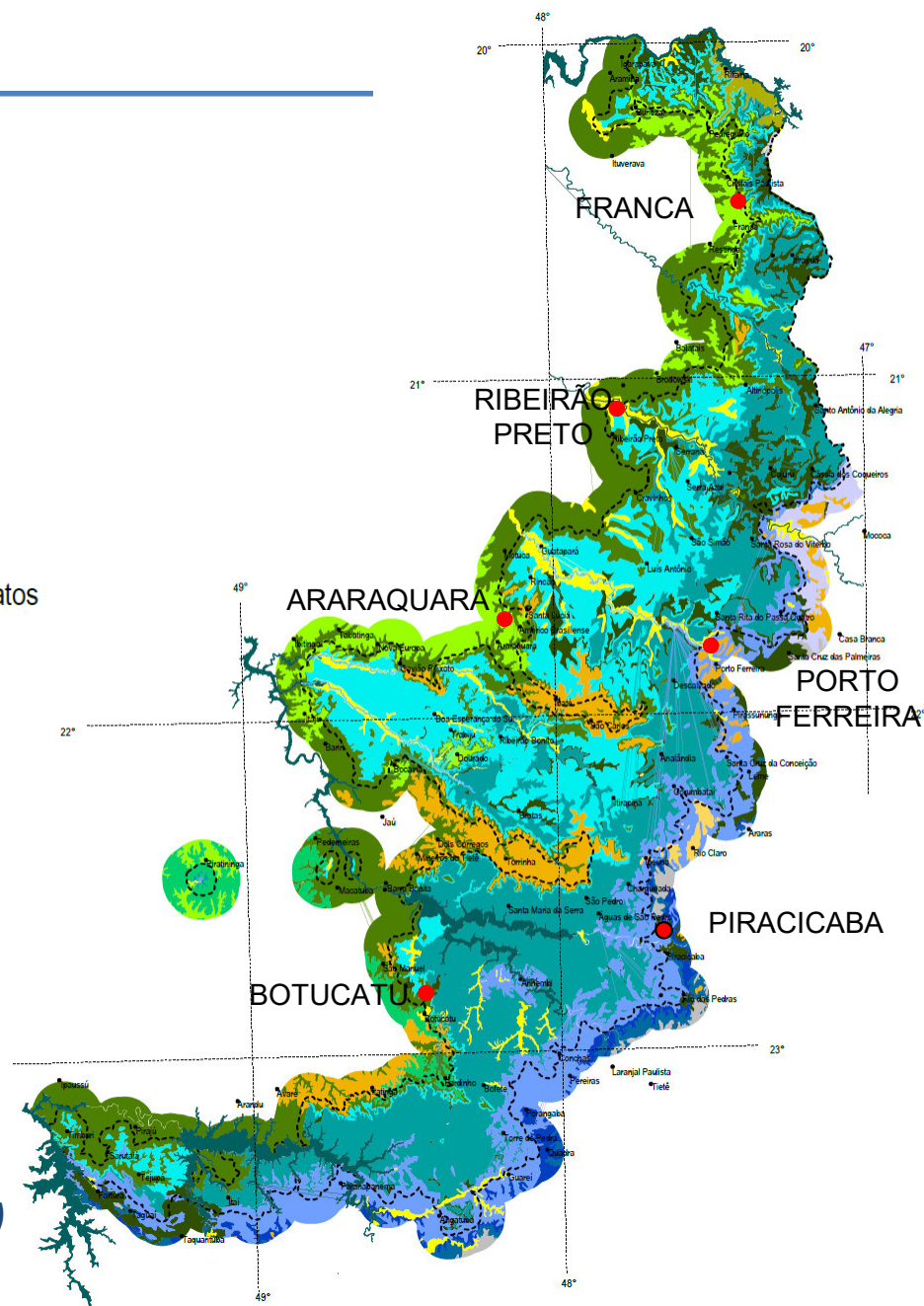
Área de estudo: *buffer* de 2,0 km no entorno da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no Estado de São Paulo

A ÁREA COM ENTORNO CONSIDERADO

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS (UNESP - 1:250 000)



- **Mapa Geológico**
- **Escala 1:250.000**
- **Fonte: Modificado de DAAE/Unesp (1980) (convenio)**



TERRITÓRIO

ÁREA DE ESTUDO



DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

MEIO FÍSICO	MEIO SOCIOECONÔMICO	ÁREAS PROTEGIDAS
-------------	---------------------	------------------



BANCO DE POÇOS TUBULARES

CONSULTA	CADASTRO EM CAMPO	ACCESS / SIG
----------	-------------------	--------------



AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E QUALIDADE

DISPONIBILIDADE	QUALIDADE
-----------------	-----------



AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTA MINAÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI

ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO	AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO
--	---



IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS FRÁGEIS E VULNERÁVEIS

DIRETRIZES GERAIS PARA A PROTEÇÃO DA ÁREA	PROGRAMAS INTEGRADOS
---	----------------------

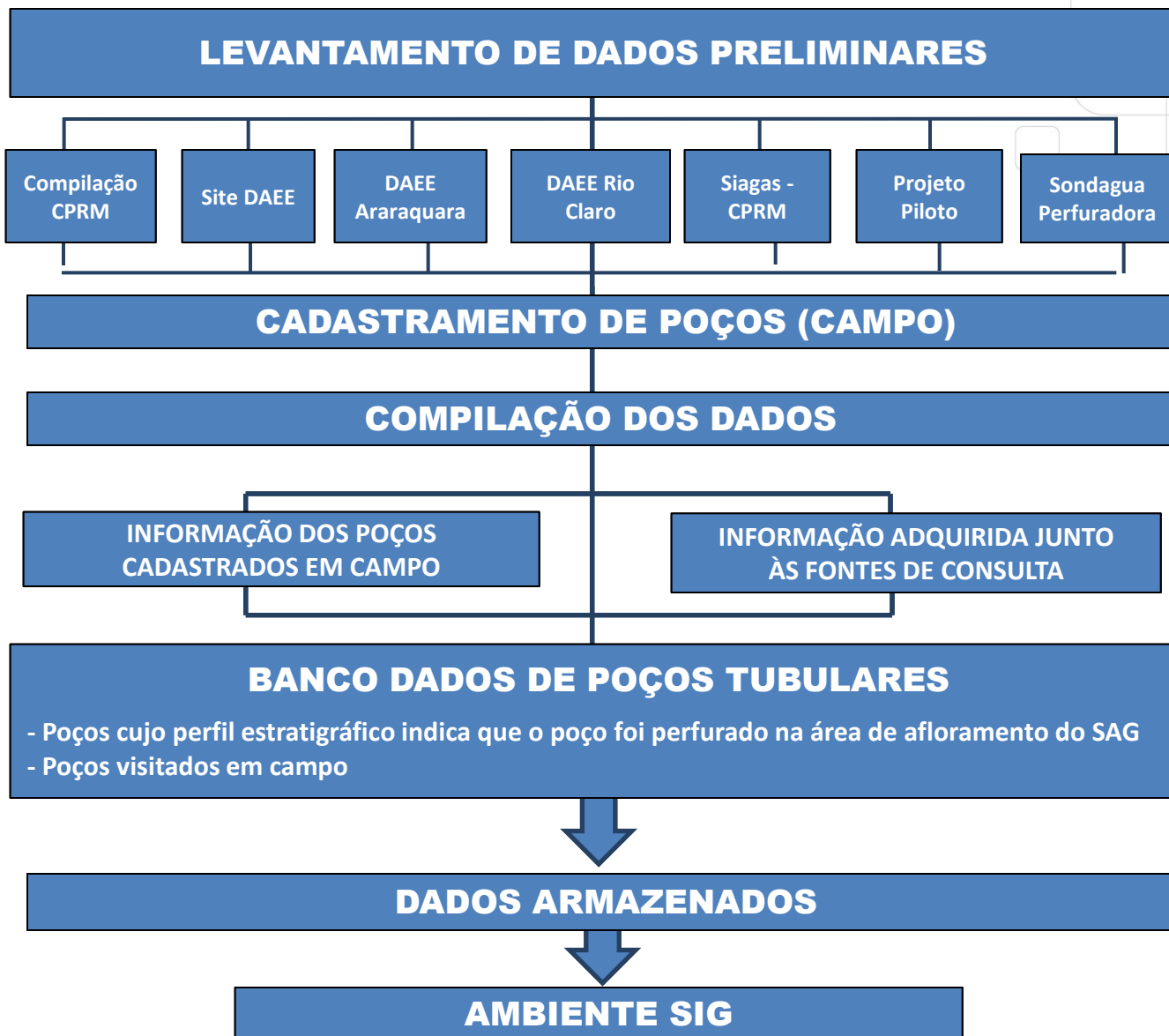
ANÁLISE

RESULTADOS

P
D
P
A
S
A
G



BANCO DE DADOS DE POÇOS TUBULARES

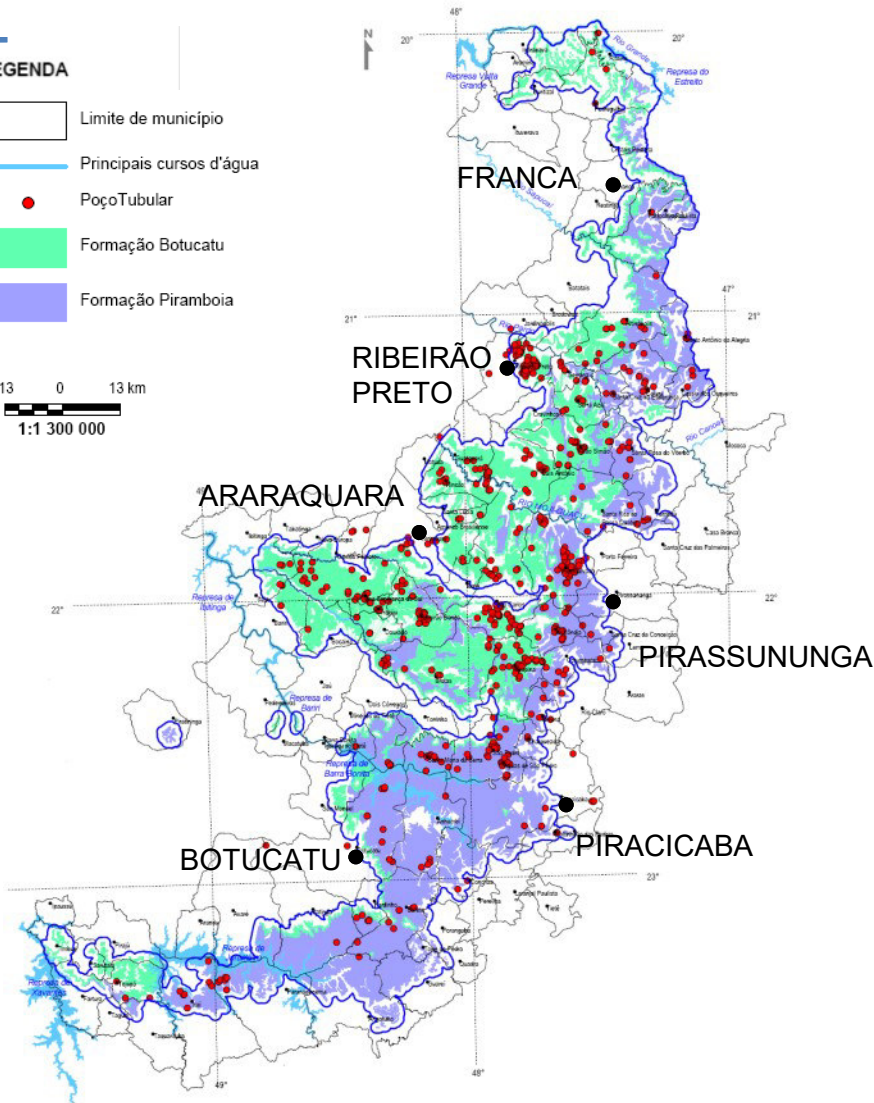


POÇOS TUBULARES

LEGENDA

- Limite de município
- Principais cursos d'água
- Poço Tubular
- Formação Botucatu
- Formação Piramboia

13 0 13 km
1:1 300 000



610 poços tubulares

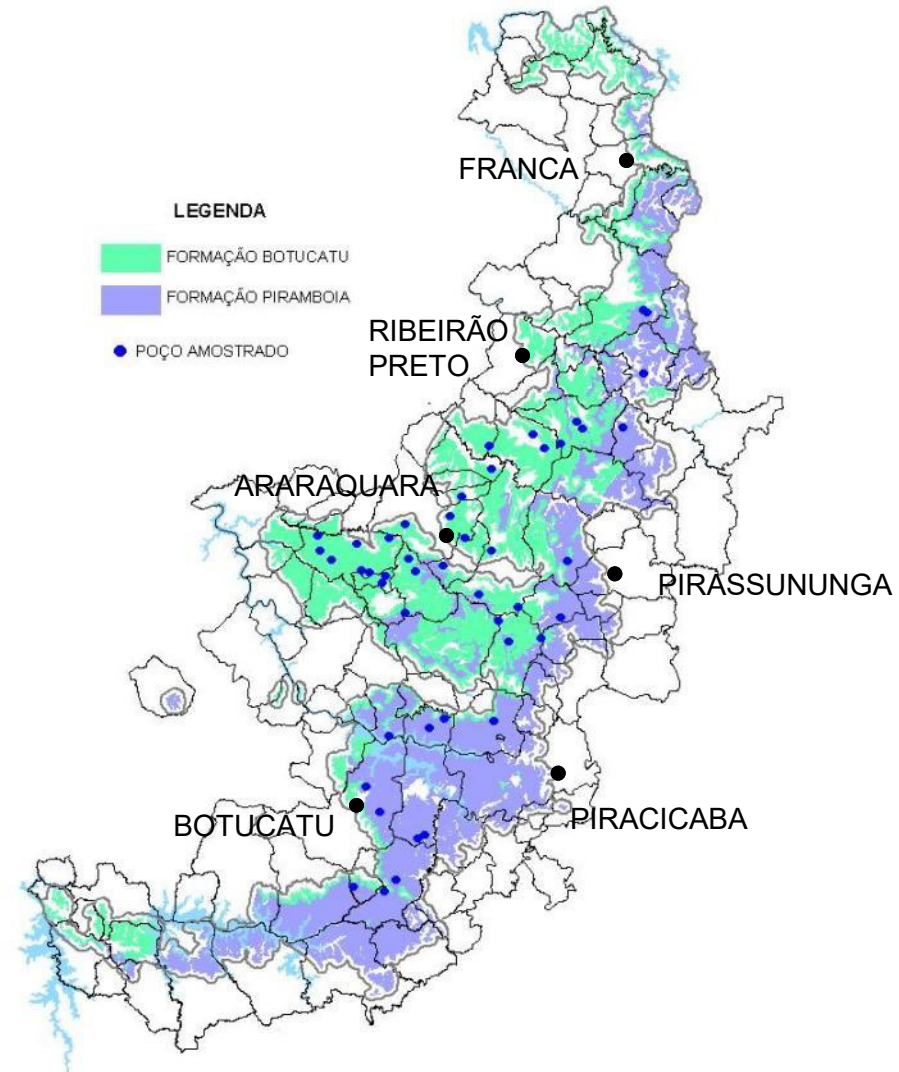
344 poços visitados

Regiões sem registro de poços

Poços antigos, sem informações completas

LEGENDA

- FORMAÇÃO BOTUCATU
- FORMAÇÃO PIRAMBOIA
- POÇO AMOSTRADO



49 poços amostrados

Situação geral: atende aos padrões de potabilidade

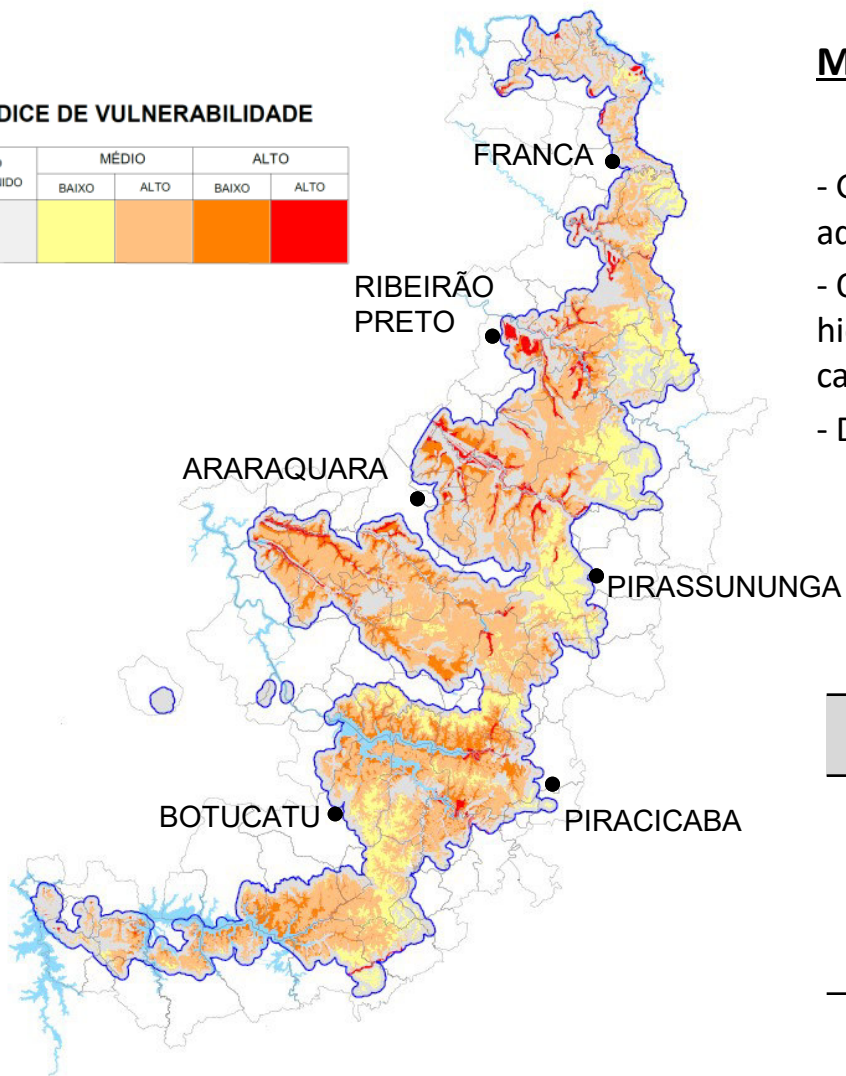
Alguns parâmetros anômalos: coliformes, ferro

Nova campanha de amostragem de nitrato

ZONEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO SAG

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

NÃO DEFINIDO	MÉDIO		ALTO	
	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO



Método GOD:

- Grau de confinamento hidráulico da água subterrânea no aquífero em estudo (**G**);
- Ocorrência de estratos de cobertura, em termos da característica hidrogeológica e do grau de consolidação que determinam sua capacidade de atenuação do contaminante (**O**);
- Distância até o nível freático ou teto do aquífero confinado (**D**).

Tabela 1 – Classificação da vulnerabilidade na área mapeada.

Área Mapeada	Classificação	% da área mapeada
SAG + Depósito Aluvionares	Alto-alto	7
	Alto-baixo	18
	Médio-alto	56
	Médio-baixo	19
	TOTAL	100

25%

UTILIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO

AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO SAG

Probabilidade de que a água subterrânea atinja níveis inaceitáveis de contaminação.

MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE NATURAL

+

CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO

=

MAPEAMENTO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO SAG

OBSERVAÇÃO:

O termo “perigo de contaminação da água subterrânea” tem o mesmo significado que “risco de contaminação da água subterrânea” comumente utilizado por vários outros autores. Foi proposta por Foster *et. al.* (2006) a mudança de terminologia para adequar-se àquela utilizada por outras áreas de avaliação de riscos a ecossistemas e à saúde humana e animal, onde “risco” é definido como o produto de “perigo vezes escala do impacto”

CLASSIFICAÇÃO DE FONTES PONTUAIS

Cada atividade é associada a tipos específicos de contaminantes, representando, portanto, uma maior ou menor ameaça às águas subterrâneas.

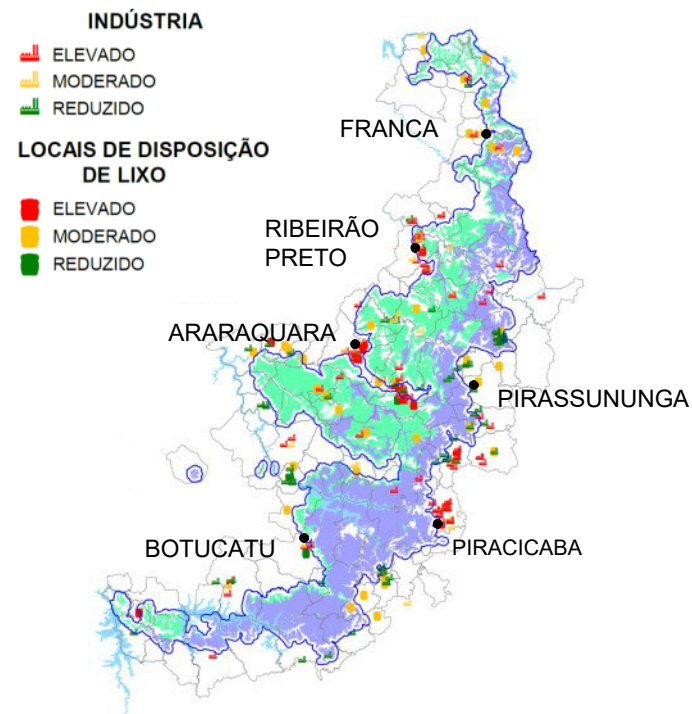
Potencial de carga contaminante	Fonte Pontual de Contaminação		
	Deposição de resíduos sólidos *	Outras (urbanas)	Áreas Industriais **
Elevado	Lixões, aterros controlados e locais de disposição de resíduos sólidos de origem desconhecida	-	Processamento de metais; engenharia mecânica; refinarias de gás 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 termoeletrica.
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 pontuais de contaminação na APRM-SAG.

FONTES POTENCIAIS PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO



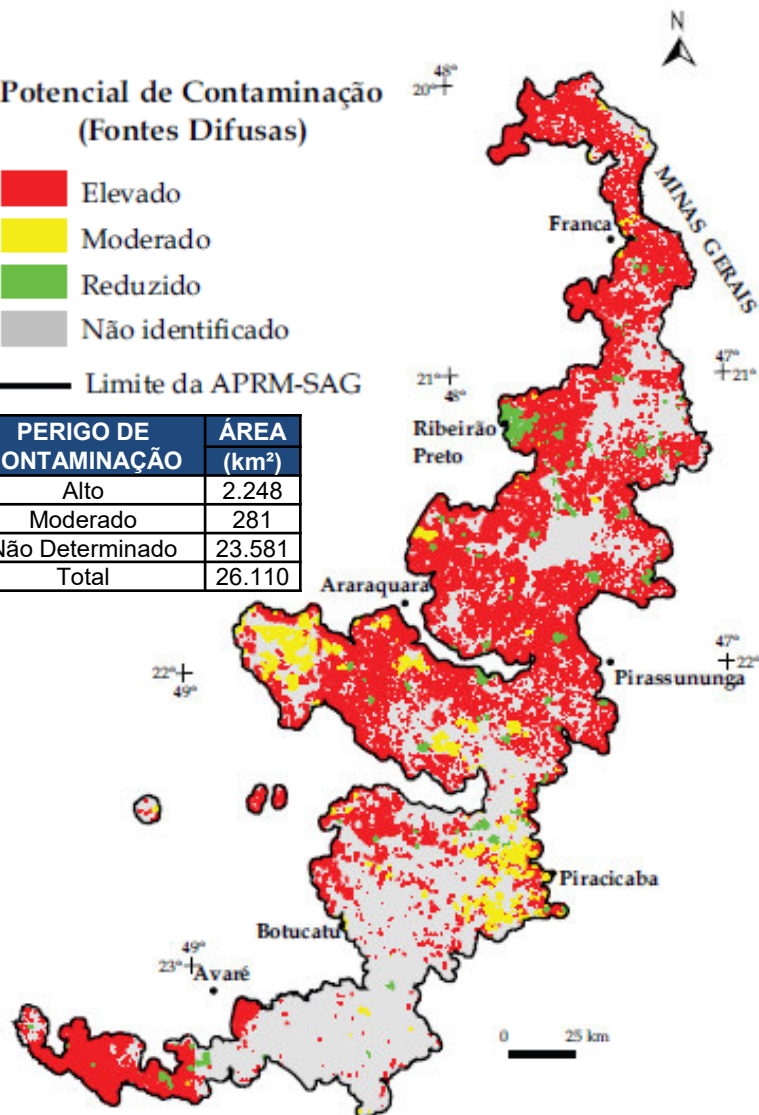
PERIGO DE CONTAMINAÇÃO POR FONTES DIFUSAS

Potencial de Contaminação
(Fontes Difusas)

- Elevado
- Moderado
- Reduzido
- Não identificado

— Limite da APRM-SAG

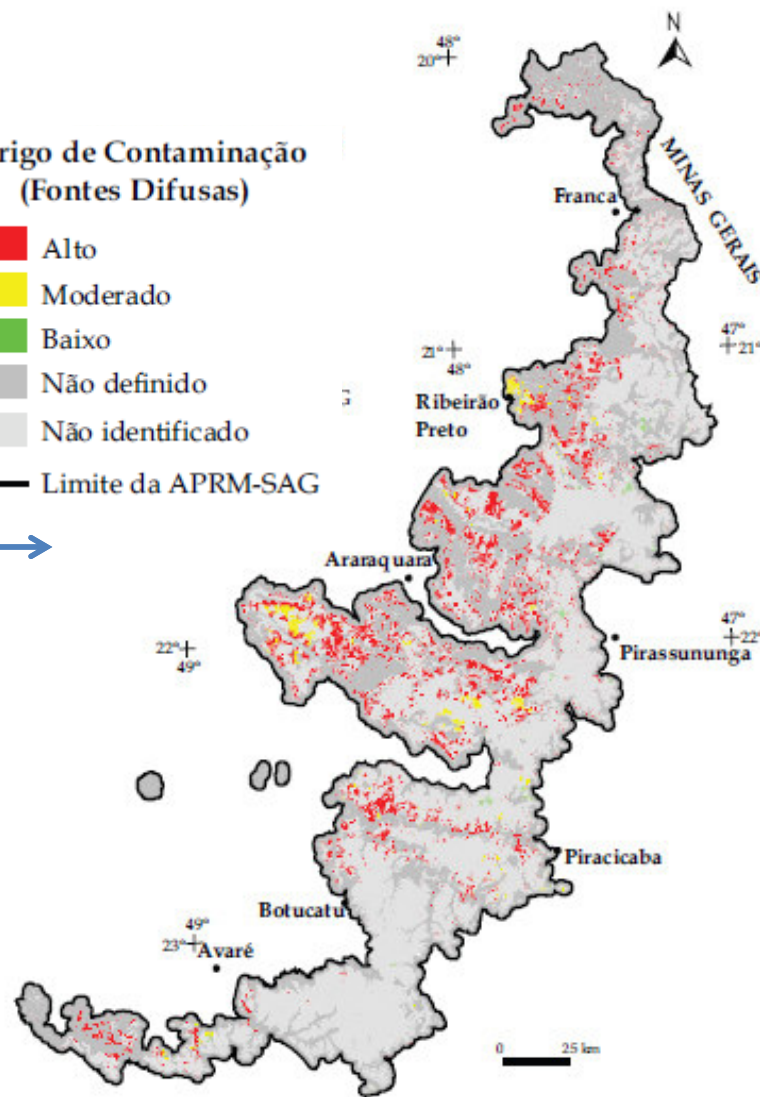
PERIGO DE CONTAMINAÇÃO	ÁREA (km ²)
Alto	2.248
Moderado	281
Não Determinado	23.581
Total	26.110



Perigo de Contaminação
(Fontes Difusas)

- Alto
- Moderado
- Baixo
- Não definido
- Não identificado


— Limite da APRM-SAG





CARTA DE ÁREAS DE INTERVENÇÃO

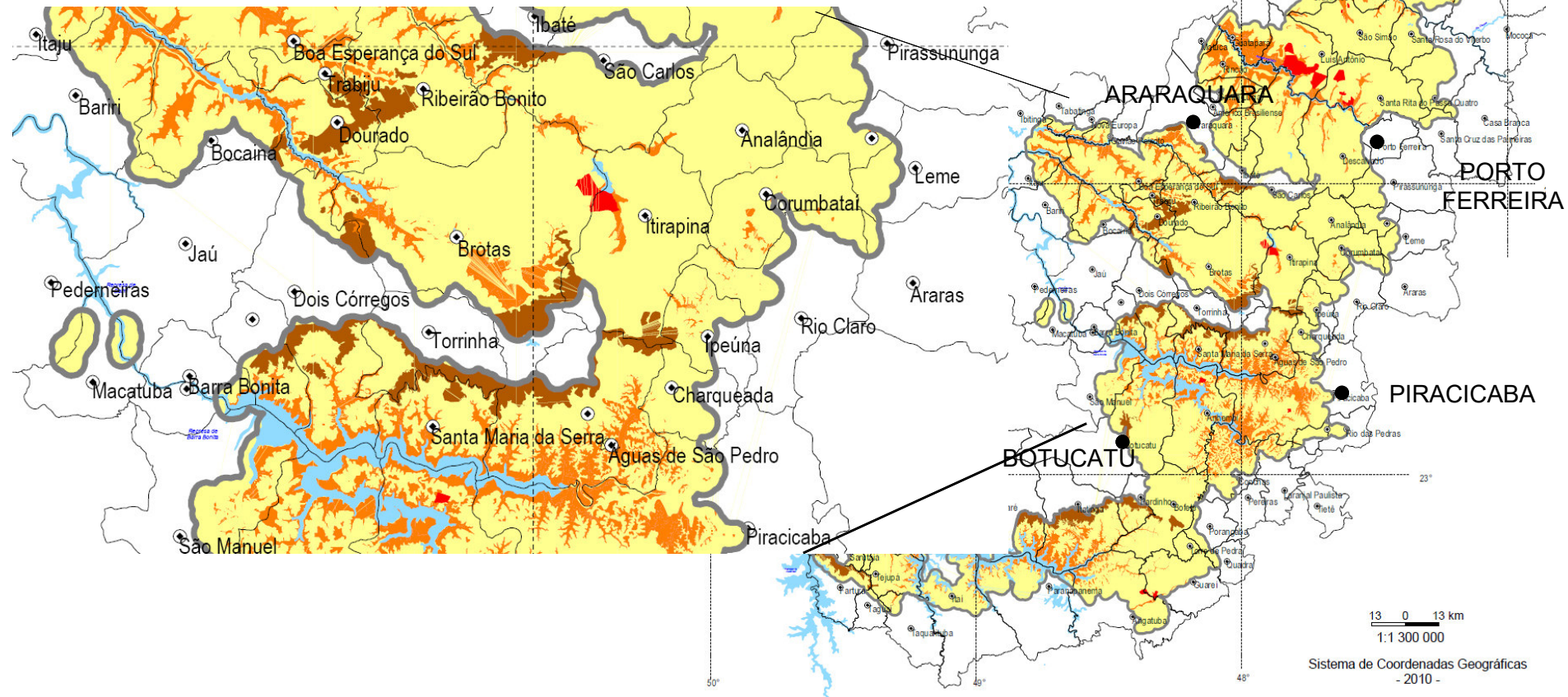
 ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO - ARO

ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA - AOD

 Subárea de cuestras

 Subárea de proteção especial

 Subárea de ocupação controlada



13 0 13 km
1:1 300 000

Sistema de Coordenadas Geográficas
- 2010 -

DIRETRIZES DO PDPA-SAG

DIRETRIZES PARA A PROTEÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI

Proteção das Águas Subterrâneas / Garantia da disponibilidade hídrica

Saneamento ambiental nas áreas urbanas e rurais

Manutenção e preservação dos remanescentes de vegetação

Garantia da disponibilidade hídrica

Prevenção dos processos de dinâmica superficial

Disciplinamento das atividades com potencial de contaminação

Orientação para boas práticas agrícolas

ÁREAS DE INTERVENÇÃO

ÁREAS DE INTERVENÇÃO	DEFINIÇÃO	SUBÁREAS
ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO (ARO)	São 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	Não foram definidas
ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA (AOD)	São 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 Sistema Aquífero Guarani	Subárea de <i>cuestas</i>
		Subárea de proteção especial
		Subárea de ocupação controlada
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA) *	São aquelas cujos usos e ocupações sejam incompatíveis com a proteção da área de afloramento do SAG e comprometam a quantidade ou a qualidade hídrica, exigindo intervenções de caráter corretivo	Não foram definidas


* áreas não representadas na escala do mapeamento realizado.

DIRETRIZES PARA AS ÁREAS DE INTERVENÇÃO




Diretrizes para as Áreas de Intervenção

ARO	São admitidos nas AROs somente: <ul style="list-style-type: none">- atividades de recreação e lazer, educação ambiental e pesquisa científica- saneamento ambiental- intervenções de interesse social- manejo sustentável da vegetação	
AOD	SUBÁREA DE CUESTAS	I - impedir a ocupação ou continuidade de práticas que resultem na supressão da vegetação, notadamente nos locais de relevo acentuado II - Impedir ocupações que promovam processos de movimentação de massa
	SUBÁREA DE PROTEÇÃO ESPECIAL	I - proibir a implantação de indústrias de alto risco ambiental e quaisquer outras fontes de grande impacto ambiental ou de extrema periculosidade II - proibir as atividades agrícolas que utilizem produtos tóxicos de grande mobilidade e que possam colocar em risco as águas subterrâneas III - adotar medidas restritivas para garantir a qualidade das águas do SAG
	SUBÁREA DE OCUPAÇÃO CONTROLADA	- Atender as diretrizes gerais e, quando for o caso, atender as diretrizes mais restritivas
ARA	Deve ser realizada a recuperação urbana e ambiental das áreas com uso incompatível ao estabelecido no PDPA	


CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO DEFINIDAS PARA A APRM-SAG

ÁREAS DE INTERVENÇÃO	SUBÁREAS	COMPREENDE	
ÁREA DE RESTRIÇÃO À OCUPAÇÃO (ARO)	Não foram definidas	<ul style="list-style-type: none">- áreas de preservação permanente e de reserva legal nos termos disciplinados pela legislação pertinente *- Unidades de Conservação conforme categorias de proteção integral definidas pela do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC- outras áreas declaradas pelo Poder Público como de especial interesse para a preservação ambiental e dos recursos hídricos	

CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO DEFINIDAS PARA A APRM-SAG

ÁREAS DE INTERVENÇÃO	SUBÁREAS	COMPREENDE	
<p>ÁREA DE OCUPAÇÃO DIRIGIDA (AOD)</p>	<p>Subárea de <i>cuestras</i></p>	<p>faixa de escarpas das <i>cuestras</i> basálticas</p>	
	<p>Subárea de proteção especial</p>	<p>áreas consideradas altamente vulneráveis à contaminação e destinadas à proteção e conservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos</p>	
	<p>Subárea de ocupação controlada</p>	<p>demais áreas da categoria AOD</p>	

CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS DE INTERVENÇÃO DEFINIDAS PARA A APRM-SAG

ÁREAS DE INTERVENÇÃO	SUBÁREAS	COMPREENDE	
ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ARA) *	Não foram definidas	<ul style="list-style-type: none">- áreas-fonte de sedimento;- aglomerações suburbanas (favelas);- lixões;- áreas degradadas por processos do meio físico (erosão, escorregamento, assoreamento, inundação), entre outras	

* áreas não representadas na escala do mapeamento realizado.



GRATO PELA ATENÇÃO!!!