

# OCORRÊNCIAS DE BÁRIO EM POÇOS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO

*Tatiana Tavares<sup>1</sup>; Reginaldo Bertolo<sup>1</sup>; Bruna Fiúme<sup>1</sup>; Alessandra Crespi<sup>1</sup>; Veridiana Martins<sup>1</sup>*

**RESUMO** – A presença de bário na água subterrânea vem sendo frequentemente detectada com concentrações acima dos valores de referência de qualidade e, em algumas situações, acima dos valores de potabilidade (0,7 mg/L) em poços de abastecimento do Estado de São Paulo. Esse trabalho avaliou as condições de ocorrência e distribuição do bário em 163 poços de abastecimento monitorados pela CETESB, assim como indicações que explicam a sua ocorrência. A escala das investigações foi regional, compreendendo o tratamento da base de dados de análises químicas da CETESB e a realização de coleta e análises químicas de amostras de água subterrânea de alguns poços específicos. Os resultados mostram que as maiores concentrações de bário (1,2 mg/L) encontram-se especialmente nos poços mistos que exploram os aquíferos Marília/Adamantina (Sistema Aquífero Bauru - SAB), sendo sua origem provavelmente natural, relacionada com a dissolução da cimentação carbonática dos arenitos da Formação Marília. Outras ocorrências de bário no SAB identificadas em poços mistos que atravessam os aquíferos Adamantina e Santo Anastácio apresentam correlação positiva com concentrações N-nitrato e cloreto, sugerindo origem relacionada direta ou indiretamente à contribuição antrópica, como infiltração de esgoto nos aquíferos.

**ABSTRACT** - Barium has frequently been detected in groundwater from public supply wells in the state of Sao Paulo with concentrations above baseline values and also the Brazilian potability limit (0.7 mg.L<sup>-1</sup>). In this work, the barium occurrence and distribution in water samples from 163 deep supply wells were evaluated, as well as the geochemical indications that may explain its origin. The scale of investigation was regional, developed by the interpretation of the CETESB's databank of chemical analyses and the sampling activities of groundwater samples from some specific supply well. The results show that the highest concentrations of barium (1.2 mg.L<sup>-1</sup>) are in the groundwater pumped from both Marília and Adamantina aquifers (Bauru Aquifer System – SAB), with a probable natural origin, related to the dissolution of sandstones' carbonatic cementation from Marília Formation. Other occurrences of barium in SAB were also identified in the supply wells that extract groundwater from both Adamantina and Santo Anastácio aquifers, positively correlated with N-nitrate and chloride, suggesting that the barium anomaly may be direct or indirectly related to anthropic contribution, through the recharge of the aquifers with sewage spills.

**Palavras-Chave** - Bário, Poços de abastecimento, Hidrogeoquímica.

<sup>1</sup>) CEPAS - Centro de Pesquisas de Água Subterrâneas, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago 562, Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil. Fone (5511) 30914146. Fax (5511) 30914207.

## 1 - INTRODUÇÃO

O recurso hídrico subterrâneo responde pelo abastecimento total ou parcial de cerca de 80% dos núcleos urbanos e por cerca de 34% da população do Estado de São Paulo (CETESB, 2010). Embora a qualidade química da água subterrânea seja em geral boa para consumo humano, problemas locais de anomalias químicas podem restringir a sua utilização para os diferentes fins, gerando problemas de ordem econômica e, em algumas situações, também de saúde pública. Estas anomalias de qualidade podem ter origem tanto natural quanto antrópica, sendo essa distinção normalmente complexa.

Em 1992, o órgão ambiental estadual do Estado de São Paulo (CETESB) iniciou um programa regular de coleta e análises de amostras de água subterrânea em uma rede fixa de monitoramento, composta por 170 poços tubulares de abastecimento público e nascentes, monitorados com frequência semestral. Dentre os parâmetros químicos analisados, o bário, nitrato, cromo e fluoreto apresentam, com certa frequência, concentrações superiores aos padrões de potabilidade. O Sistema Aquífero Bauru (SAB), que abastece integralmente 32,5% dos municípios do Estado (SILVA et al. 2005), é o que apresenta essas anomalias com maior frequência, sendo ainda desconhecida a origem das desconformidades em várias situações, em especial para os casos de bário (CETESB, 2010).

Em condições naturais e sem que haja influência antrópica, a presença de bário em água subterrânea é resultado da dissolução de minerais que contém o elemento nas rochas que armazenam a água subterrânea. Em rochas sedimentares, ocorre na estrutura de minerais carbonáticos, feldspatos e adsorvido em argilas. Em solos encontra-se adsorvido em óxidos de metais, em especial os de manganês. As concentrações de bário em águas naturais são normalmente baixas (menores que 1,0 mg/L), especialmente por ser muito reativo em reações de troca iônica e também pela baixa solubilidade dos principais minerais de bário, a barita ( $\text{BaSO}_4$ ) e a witherita ( $\text{BaCO}_3$ ) (SMITH, 1999).

As fontes geogênicas, como alterações de minerais portadores de bário, são normalmente mais importantes que as antropogênicas para a água (REIMANN e CARITAT, 1998). A principal aplicação industrial do bário é na indústria de petróleo e gás natural, onde a barita é utilizada na lama de perfuração de alta densidade. Possui ainda, aplicações relevantes nas indústrias siderúrgica, química, de papel, de borracha, de plásticos, defensivos agrícolas e alimentícia (REIMANN & CARITAT, 1998). No Estado de São Paulo, a maior proporção de ocorrências anômalas de bário em aquíferos está relacionada com disposição de resíduos sólidos.

Em baixa dosagem atua como estimulante muscular, mas em altas dosagens afeta o sistema nervoso, causando irregularidades cardíacas, tremores, fraquezas e ansiedade. Quando em excesso no organismo, por ser vasoconstritor, pode causar hipertensão arterial, fadiga e doenças

cardiovasculares (OMS, 1996). Estudos toxicológicos indicam que nenhum risco significativo é causado à saúde humana pela ingestão de águas com concentrações de bário de até 7,3 mg/L, valor este definido como de nível de efeito adverso não observado (NOAEL) (BRENNIMAN & LEVY, 1985). Sendo assim, considerando um fator de 10 para a variação intraespécie, a Organização Mundial da Saúde publicou o limite de potabilidade para o bário igual a 0,7 mg/L (OMS, 1996), também adotado pela Portaria 2.914 (MS, 2011) para água potável, pela Resolução CONAMA 420 (MMA, 2009) e CETESB (2013) como valor de intervenção (VI) em áreas contaminadas.

Com caráter orientativo para ações de prevenção e controle de contaminação das águas subterrâneas, a CETESB definiu valores de referência de qualidade (VRQ) como valores-base (background) de substâncias inorgânicas por aquífero. Para tanto, utilizou o 3º quartil (75%) do conjunto de resultados analíticos obtidos entre 1998 e 2006 (CETESB, 2007). A Tabela 1 apresenta os VRQ's do bário, nitrogênio nitrato e cloreto para os diferentes aquíferos do Estado de São Paulo.

Tabela 1 – Valores de Referência de Qualidade (VRQ's) para algumas substâncias inorgânicas (CETESB, 2010).

Parâmetro	Valor de Referência de Qualidade por Aquífero (mg/L)							VMP* mg/L
	Guarani	Bauru	Tubarão	Taubaté	São Paulo	Serra Geral	Pré-Cambriano	
Bário	0,08	0,25	0,08	0,1	0,15	0,08	0,08	0,7
Cloreto	1,5	5,0	10,0	1,5	1,5	1,5	5,0	250
N-Nitrato	0,3	1,5	0,2	0,02	0,2	0,5	0,4	10

\* Valor Máximo Permitido (Portaria 2.914 - MS, 2011)

Nesse contexto, este trabalho objetiva apresentar as condições de ocorrência e distribuição do bário na água de poços de abastecimento do Estado de São Paulo, bem como discutir possíveis razões para a sua ocorrência. Para tanto, foi realizada um estudo de escala regional, compreendendo o trabalho de tratamento de uma extensa base de dados de análises químicas da CETESB, bem como a realização de coleta e análises químicas de amostras de água subterrânea de alguns poços específicos.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange inicialmente todos os aquíferos do Estado de São Paulo (Figura 1), cujo arcabouço geológico na porção sudeste/leste do estado é formado predominantemente por rochas cristalinas (Aquífero Pré-Cambriano e Pré-Cambriano Cárstico), além das pequenas bacias sedimentares cenozóicas (Aquíferos Taubaté e São Paulo) e sedimentos costeiros quaternários (Aquífero Litorâneo). As rochas da Bacia Sedimentar do Paraná que ocupa dois terços do território paulistano em sua porção centro-oeste, começam a aflorar com os sedimentos paleozóicos preponderantemente marinhos (Aquíferos Furnas e Tubarão e o Aquiclude Passa Dois), seguidos

dos sedimentos triássicos a eocretáceos continentais predominantemente eólicos (Sistema Aquífero Guarani) e dos derrames basálticos do início do Cretáceo (Aquífero Serra Geral), recobertos em clima semi-árido pelos sedimentos neocretáceos do Sistema Aquífero Bauru (Figura 1).

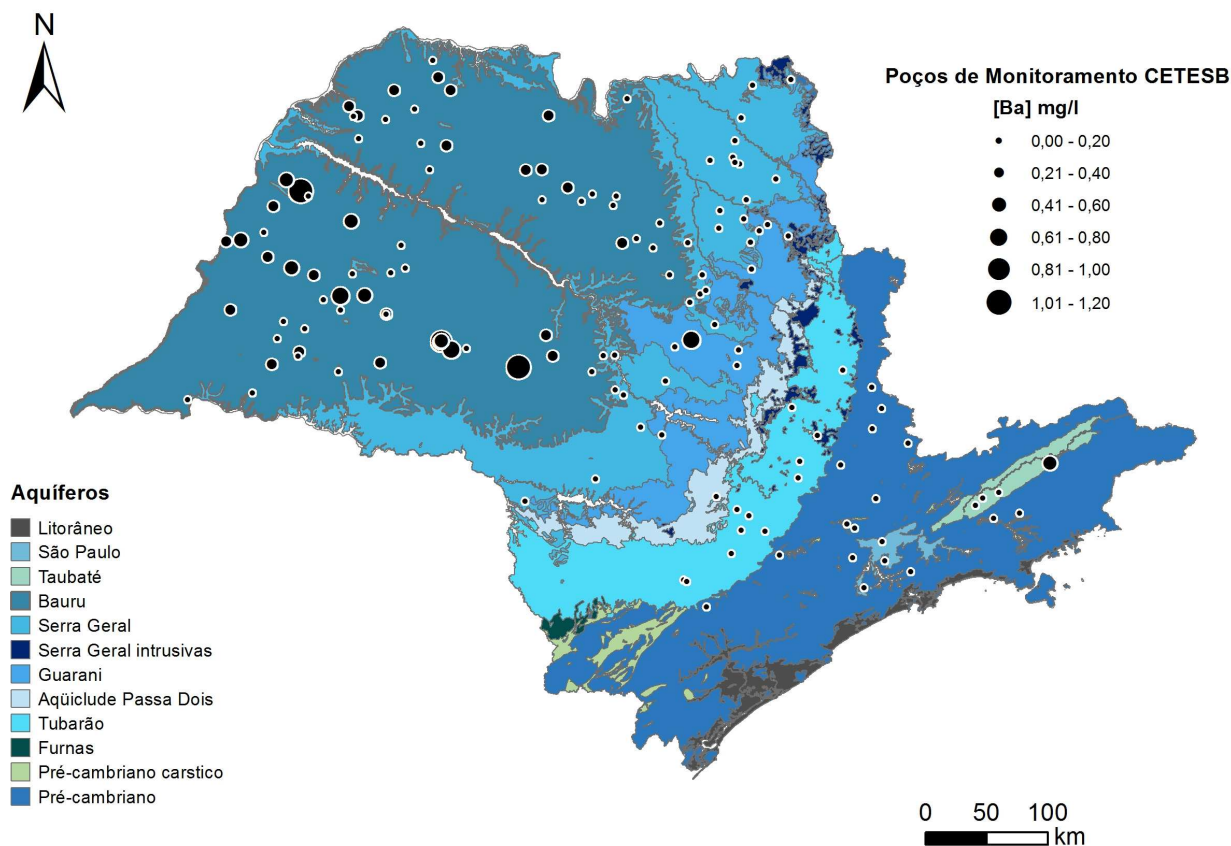


Figura 1 – Distribuição de Bário nos aquíferos do Estado de Paulo (modificado de DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005).

Com o avanço do estudo, definiu-se que as maiores ocorrências de bário encontram-se no aquífero formado pelo último pacote sedimentar depositado na Bacia do Paraná, designado como Sistema Aquífero Bauru (SAB), definido pelo DAEE (1976, 1979) como uma unidade hidrogeológica de extensão regional, contínua, livre a semiconfinada, com espessura média de 100m, podendo alcançar até 300m (DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005) (Figuras 1 e 2).

O SAB constitui-se pelas rochas sedimentares depositadas na Bacia Bauru, que cobre 42% do Estado em uma área de 104.000 km<sup>2</sup> (Figura 2). Seu substrato é composto pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e, localmente, os sedimentos das formações Botucatu e Pirambóia, como na região de Bauru e Agudos (PAULA E SILVA & CAVAGUTI, 1994). Suas rochas são constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais, caracterizados por arenitos, arenitos argilosos, carbonáticos ou não, siltitos, lamitos e argilitos, apresentando localmente conglomerados e camadas calcárias (DAEE, 1976).

A subdivisão estratigráfica clássica das rochas sedimentares que compõem o SAB no Estado de São Paulo foi proposta por Soares et al. (1980), que dividiram o Grupo Bauru em formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, utilizando critérios litológicos e sedimentológicos

de diferentes trabalhos de mapeamento regional. Tal classificação foi utilizada no presente trabalho, apesar de existir uma proposição mais atual, pois a base de dados utilizada considera essa divisão.

Fernandes & Coimbra (1994), baseando-se em estudos sedimentológicos e paleogeográficos, propuseram a criação do Grupo Caiuá formado pelas formações Goio Erê (com ocorrência somente no Estado do Paraná), Rio Paraná (correspondente à antiga Formação Caiuá) e Santo Anastácio. Propuseram também uma nova divisão para o Grupo Bauru (FERNANDES, 1998; FERNANDES E COIMBRA, 2000), redefinindo a Formação Adamantina, correspondente em maior proporção à nova Formação Vale do Rio do Peixe, somada às formações Araçatuba, São José do Rio Preto e nova Presidente Prudente (Figura 2).

### 3 – MÉTODO

Foram realizadas avaliações estatísticas e caracterização da distribuição de bário no tempo e no espaço em escala regional, utilizando-se do banco de dados disponibilizado pelo órgão ambiental do Estado (CETESB). Do total inicial de 4.153 amostras analisadas semestralmente entre 1992 e 2009, após consolidação dos dados de interesse para o estudo, ou seja, as análises com limites de quantificação e resultados de balanço iônico satisfatórios, o banco de dados utilizado para o tratamento estatístico e interpretação compôs-se por 1.569 amostras representativas, de 163 poços distribuídos em 146 municípios e 31 parâmetros químicos e físico-químicos.

Os resultados obtidos orientaram a execução de uma campanha de coleta de amostras de água subterrânea em alguns poços de abastecimento do SAB monitorados pela CETESB em setembro de 2009. Os poços selecionados foram aqueles que apresentavam perfil litológico-constutivo e maior amplitude das concentrações de bário, visando a investigação de suas possíveis fontes, localizados em áreas próximas - municípios de Gália, Pompéia, Oriente, Parapuã, Quatá, Rancharia e Tupã (Figura 2).

Os frascos de coleta foram preenchidos com as amostras de água nos pontos mais próximos da boca do poço após um tempo padrão de 15 minutos de funcionamento contínuo do poço. Todos os poços encontravam-se equipados com bombas elétricas submersíveis.

As amostras coletadas foram analisadas para cátions e ânions maiores, metais e sílica. Os parâmetros físico-químicos, tais como temperatura, pH e condutividade elétrica foram medidos em campo durante a coleta, bem como as alcalinidades parcial e total, através de titulação com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) padronizado e indicadores de viragem de pH (misto e fenolftaleína). As amostras para análises de cátions foram filtradas com filtros de acetato celulose de 0,45  $\mu m$ , seguida de preservação química com  $HNO_3$  (pH<2). Todas as amostras foram refrigeradas em temperaturas de 4°C até a entrada nos laboratórios. Os cátions Al, Ba, Ca, Fe, Mg, Mn e Sr foram analisados por absorção atômica; Na e K foram analisados por espectrometria de chama e os ânions ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $F^-$ ,

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), por cromatografia iônica no CEPAS/IGc-USP. A sílica foi analisada por ICP/OES no IQ-USP. Os resultados analíticos foram acrescentados ao banco de dados.

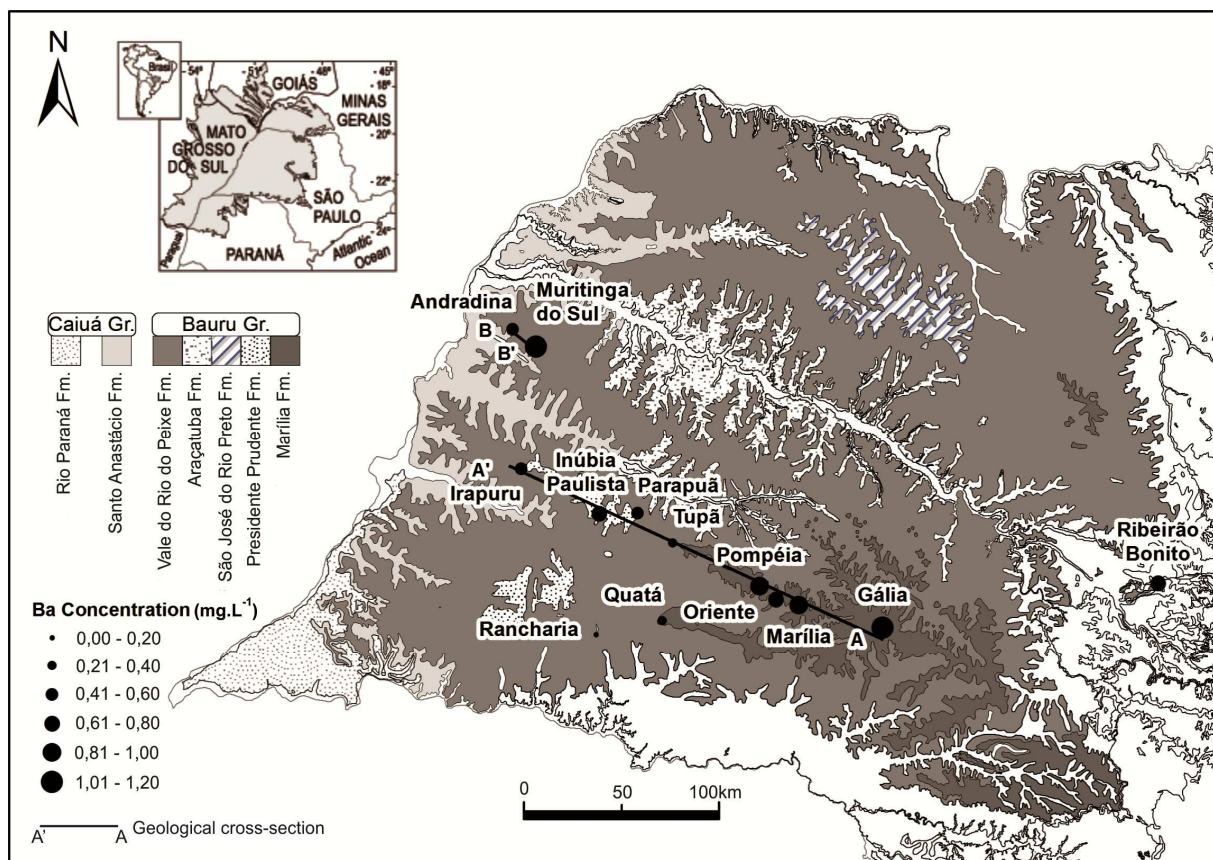


Figura 2 – Localização e estratigrafia da Bacia Bauru no Estado de São Paulo (modificado de CPRM, 2006).

## 4 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Distribuição do Bário nos Aquíferos do Estado de São Paulo

A Figura 1 apresenta a localização dos poços de abastecimento monitorados pela CETESB e a indicação das maiores concentrações de bário detectadas historicamente nesses poços. Nota-se que o Sistema Aquífero Bauru apresenta uma maior frequência de concentrações relativamente mais elevadas de bário. Entretanto, as concentrações do elemento em valores mais elevados que o limite de potabilidade (0,7 mg/L) foram identificadas em três poços localizados nos aquíferos Guarani (Ribeirão Bonito), Taubaté (Roseira) e Bauru (Gália).

Uma avaliação estatística mais aprofundada sobre a distribuição dos valores de concentrações de bário nos aquíferos do Estado de São Paulo é apresentada na Figura 3. Nesta figura, os poços situados no Sistema Aquífero Bauru foram subdivididos entre os aquíferos Adamantina, Santo Anastácio e Marília. De acordo com a descrição dos perfis litológicos, vários destes poços interceptam aquíferos diferentes, sendo classificados como poços mistos.

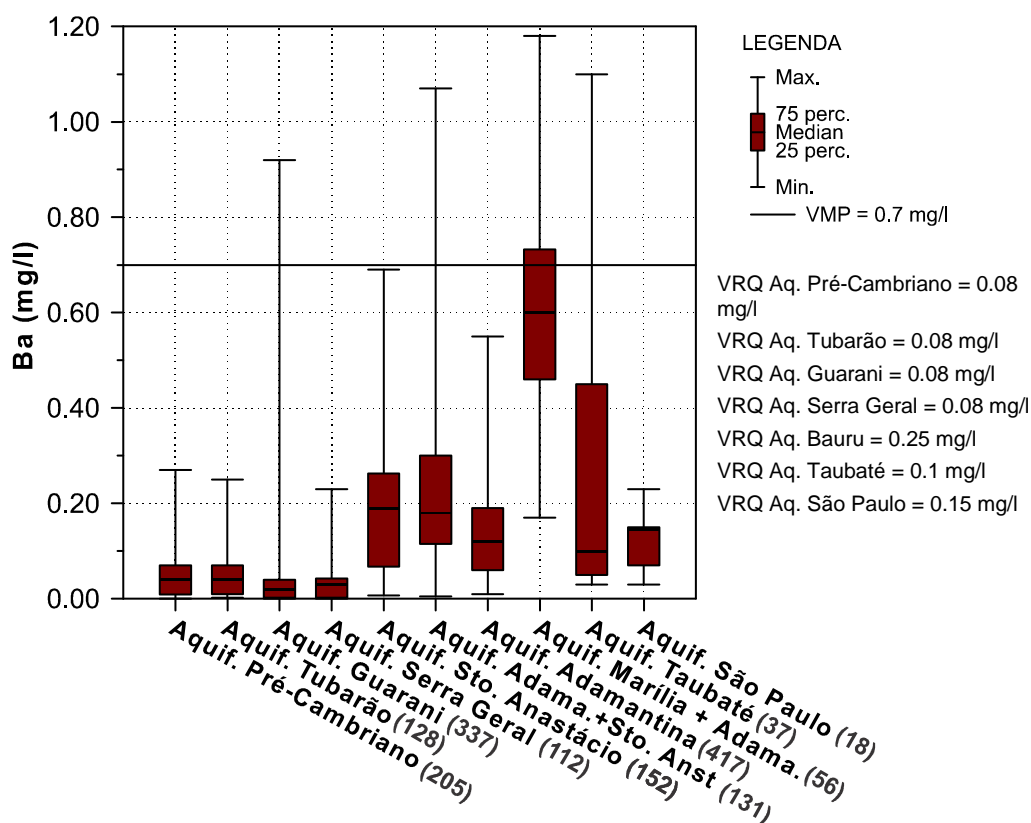


Figura 3 – Distribuição estatística das concentrações de bário no Estado por aquífero.

Os resultados indicam que os valores de percentil de 75% são constantemente menores que os valores de referência de qualidade, ou background (VRQs – Tabela 1), para os aquíferos Pré-Cambriano, Tubarão, Guarani, Serra Geral e São Paulo. O Aquífero Taubaté e o Sistema Aquífero Bauru apresentam frequências mais elevadas de detecção de bário em valores acima do background.

No caso do Sistema Aquífero Bauru (SAB), as concentrações de bário na água subterrânea proveniente das diferentes unidades aquíferas apresentam variações significativas. Os poços mistos que exploram simultaneamente os aquíferos Marília e Adamantina exibem concentrações mínimas mais elevadas que o valor de referência do Sistema Aquífero Bauru (0,25 mg/L) e mediana de concentrações (0,6 mg/L) próximas do limite de potabilidade (0,7 mg/L). Os poços do SAB que exploram as demais unidades aquíferas (Adamantina, Santo Anastácio e misto entre estes aquíferos) apresentam mediana menor que o valor de referência do SAB, porém com algumas ocorrências que podem alcançar ou superar o limite de potabilidade.

No Aquífero Guarani, composto por arenitos, apenas o poço de Ribeirão Bonito apresentou concentrações anômalas de bário no tempo. Este poço, com 70 m de profundidade, capta água do aquífero raso, apresentando concentrações de nitrogênio nitrato na ordem de 5 mg/L e contagem de bactérias heterotróficas acima da potabilidade, indicando ocorrência de fonte de contaminação de origem antrópica, que pode explicar a anomalia de bário na água através da desadsorção de minerais ferromangnesianos, favorecida pelo ambiente redutor resultante da degradação de bactérias.

Já no Aquífero Taubaté (poços de Roseira), composto por depósitos lacustrinos formados por



argilitos, arenitos e ritmitos de folhelhos orgânicos e margas, as ocorrências de bário não são acompanhadas por nitrogênio nitrato, apresentando alta alcalinidade e teores de cálcio, indicando possível origem natural, associada à alteração de feldspatos (ricos em bário) de sedimentos arcoseanos, minerais carbonáticos, ou mesmo da oxidação de carbono orgânico natural, sendo necessárias investigações adicionais locais para confirmar tais hipóteses.

A evolução temporal das concentrações de bário nos poços que exibiram as maiores concentrações médias do elemento durante o período de monitoramento, não indica tendência de aumento ou diminuição das concentrações de bário no tempo.

#### 4.2 Ocorrência de Bário no Sistema Aquífero Bauru (SAB)

As concentrações de bário são comumente mais elevadas que o valor de referência nos aquíferos do Sistema Aquífero Bauru (SAB) que nos outros aquíferos do Estado e, dentre as unidades aquíferas do SAB, os poços que exploram simultaneamente os aquíferos Marília e Adamantina apresentam nitidamente maiores concentrações do elemento (Figura 3).

A Tabela 2 apresenta os resultados de análises químicas de amostras de água coletadas em setembro de 2009 de poços dos aquíferos Marília (Ma), Adamantina (Ad) e Santo Anastácio (SA). A população de amostras provenientes do SAB é predominantemente classificada como bicarbonatada cálcica. Entretanto, as amostras com as maiores concentrações de bário ( $Ba \geq 0,7$  mg/L) dividem-se em dois grupos, o primeiro relativo aos poços que exploram simultaneamente os aquíferos Marília e Adamantina e o segundo que explora os aquíferos Adamantina e Santo Anastácio, com nítido enriquecimento em cloreto e nitrato, que pode indicar influência antrópica na qualidade dessas águas.

Tabela 2 – Resultados de análises químicas de água subterrânea de poços do Aquífero Bauru.

Nº Poço		Gália	Oriente	Pompéia	Tupã	Parapuã	Quatá	Rancharia
Prof. m		41	85	203	146	90	107	108
Aquífero		Ma+Ad	Ma+Ad	Ad	Ad	Ad	Ad+SA	SA
Cond.	µS/cm	228	284	499	162	156,6	187	53,7
pH	UpH	7,7	7,2	6,8	5,9	5,6	6,7	6,1
Ba	mg/L	0,63	0,48	0,67	0,61	0,53	0,33	0,16
Na	mg/L	18,2	8,5	3,3	2,5	3,9	2,9	0,5
K	mg/L	2,5	2,6	3	4,7	8	3,9	2,9
Ca	mg/L	11	35,4	59,9	15,8	10,2	23	6
Mg	mg/L	4,76	9,49	10,93	4,25	5,52	5,05	1,15
HCO <sub>3</sub>	mg/L	112,4	243,8	68,7	24,4	10,16	117,0	39,0
Cl	mg/L	0,24	1,61	4,29	4,84	7,65	0,68	0,2
SO <sub>4</sub>	mg/L	1,71	0,1	1,85	0,44	0,03	0,15	0,01
N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,10	1,64	4,23	7,80	10,25	0,54	0,36



Os resultados obtidos sinalizam que os poços de Quatá e Rancharia que exploram os aquíferos Adamantina e Santo Anastácio e que apresentam conteúdo de nitrato abaixo do valor de referência de qualidade (VRQ) também apresentam concentrações de bário próximos do VRQ. Já os poços do aquífero Adamantina contendo elevado conteúdo de N-nitrato, também exibem concentrações de bário mais elevadas que o VRQ (Pompéia, Tupã e Parapuã). Os poços do Aquífero Marília/Adamantina (Gália e Oriente), entretanto, exibem concentrações de N-nitrato próximas do VRQ, mas concentrações de bário relativamente elevadas. O padrão exibido indica haver a possibilidade de ocorrência de anomalias geoquímicas de bário associada com a água subterrânea que ocorre no Aquífero Marília.

## **5 – CONCLUSÕES**

Concentrações mais elevadas que os valores de referência de qualidade (VRQ) foram identificadas especialmente nos poços das unidades aquíferas do Sistema Aquífero Bauru e do Aquífero Taubaté. Tais ocorrências representam, mais que problemas de ordem toxicológica e à saúde humana, mas sim de não conformidade legal, resultando em prejuízos econômicos e demanda técnica para substituição do recurso, cujos resultados têm importância para gestão de qualidade dos recursos hídricos.

No SAB, concentrações anômalas de bário foram detectadas em poços de abastecimento mistos dos aquíferos Marília e Adamantina, com um máximo de 1,2 mg/L, associadas com águas bicarbonatadas cálcicas de pH relativamente mais alcalino, e com concentrações baixas de N-nitrato. Outras ocorrências anômalas de bário detectadas em poços que atravessam os aquíferos Adamantina e Santo Anastácio são correlacionadas positivamente com N-nitrato e cloreto, sugerindo que a anomalia de bário esteja ligada direta ou indiretamente à contribuição antrópica, através da infiltração de esgoto.

Estudos geoquímicos aprofundados, envolvendo a realização de análises mineralógicas, devem ser realizados para auxiliar no processo de identificação de outras possibilidades de fontes e para caracterizar os processos geoquímicos da relação rocha-água que promovem a mobilização do bário para a água.

## **6 – AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio do CNPq, que financiou o projeto de auxílio à pesquisa (processo 577561/2008-1) e concedeu a bolsa de doutorado à primeira autora (140255/2009-5); à FAPESP, pela concessão de bolsa de iniciação científica à terceira autora (processo 2009/07268-3); e à CETESB, que forneceu a sua base de dados de análises químicas para avaliação e interpretação.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRENNIMAN, G. R. & LEVY, P. S. (1985). Epidemiological study in Illinois drinking water supplies. In: Calabrese, E. J., Tuthill, R. W., Condie, L (eds) Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Princeton Publishing Co., Princeton, NJ, pp. 231–240.
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2007). Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: 2005 - 2007. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua\\_sub/rede\\_resultados.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/rede_resultados.asp).
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2010). Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: 2007 - 2009. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua\\_sub/rede\\_resultados.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/rede_resultados.asp).
- CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (2013). Decisão de Diretoria Nº 045-2014- E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2005, e dá outras providências.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1976). Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 7, 8 e 9: Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. São Paulo: v.1 e v.2.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1979). Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo: v.1 e v.2.
- DAEE/IG/IPT/CPRM (2005). Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo : escala 1:1.000.000 : nota explicativa. Coordenação geral: Gerônimo Rocha – DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica; IG-Instituto Geológico; IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM - Serviço Geológico do Brasil. São Paulo, 2005. 119 p.
- FERNANDES, L.A. & COIMBRA, A.M. (1994). O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, 3(24), pp. 164-176.
- FERNANDES, L. A. (1998). Estratigrafia e Evolução Geológica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). Tese (Doutoramento) - IGc/USP, São Paulo. 216 p.
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. (2000). Revisão Estratigráfica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, 30, pp. 723–734.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2009). Resolução CONAMA Nº 420.
- MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE (2011). Portaria Nº 2.914 - Padrão de Potabilidade.
- OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (1996). Guidelines for drinking-water quality. 2nd edn., Vol. 2: Health criteria and other supporting information. World Health Organization.
- PAULA E SILVA, F.; CAVAGUTI, N. (1994). Nova Caracterização Estratigráfica e Tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru – SP. *Revista Geociências*, 13(1), pp. 83-99.
- REIMANN, C. & CARITAT, P. (1998). Chemical Elements in the Environment: Factsheets for the Geochemist and Environmental Scientist. Springer Verlag. 398 p.
- SILVA, F.P.; KIANG, C.H.; CAETANO-CHANG, M.R. (2005). Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, 19(2), pp.19-36.
- SMITH, K. S. (1999). Encyclopedia of Geochemistry. Edited by Clare P. Marshall & Rhodes W. Fairbridge. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 1999.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J.; SOBREIRO NETO, A.F. (1980). Ensaio de Caracterização Estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 3(10), pp.177-185.