

HIDROQUÍMICA DO AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANO NO ESTADO DE SÃO PAULO – RESULTADOS PRELIMINARES

Diogo Alberto Roque^{1,3}; Didier Gastmans^{2,4}; Carolina Stager Quaggio^{1,5}; Lucas Vituri Santarosa^{1,6}

1 Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista-UNESP. Avenida 24A, 1515, Rio Claro/SP, CEP: 13506-900.

2 Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista-UNESP. Avenida 24A, 1515, Rio Claro/SP, CEP: 13506-900.

3 daroque11@gmail.com

4 gastmans@rc.unesp.br

5 carolinaquaggio@hotmail.com

6 lucasviturisantarosa@gmail.com

Palavras-Chave: interação água-rocha; qualidade; aquífero pré-cambriano

INTRODUÇÃO

O embasamento cristalino aflorante do Estado de São Paulo consiste em rochas ígneas e metamórficas de idade Pré-Cambriana e compõe o Sistema Aquífero Pré-Cambriano. Importantes municípios estão instalados nesta região, portanto, suas águas subterrâneas são de significativo interesse para o abastecimento local residencial, industrial e rural. Devido à expansão dos centros urbanos, a demanda pela prospecção de águas subterrâneas é crescente. Nesse sentido, os indicadores da qualidade dos aquíferos permitem avaliar potenciais contaminantes antrópicos e naturais prejudiciais à saúde humana. Estudos da composição hidroquímica das águas, por sua vez, permitem estabelecer relações entre o quimismo das águas e a constituição mineralógica das unidades litológicas que abrangem tal sistema aquífero. Dessa forma, pode-se prever propriedades físico-químicas e distinguir constituintes anômalos.

Este trabalho tem como objetivo traçar o panorama hidroquímico das águas subterrâneas do Aquífero Cristalino do Estado de São Paulo visando estabelecer relações entre as propriedades e constituintes da água subterrânea e a rocha que a contém, bem como avaliar a qualidade do aquífero com base em contaminantes que interferem em sua potabilidade.

A área de estudo compreende as porções sul e leste do Estado de São Paulo (Figura 1), onde o Sistema Aquífero Pré-Cambriano cobre uma área aproximada de 57.000 km² (CETESB, 2016). Neste Sistema ocorrem dois tipos de aquíferos: Pré-Cambriano, aflorante na porção leste do Estado, que corresponde a granitos, gnaisses, xistos, quartzitos, entre outras litologias, e Pré-Cambriano Cárstico, aflorante principalmente na porção sul do Estado e composto por mármore e metacalcários (DAEE, 2005).

O Aquífero Pré-Cambriano corresponde a um aquífero fraturado e pode ser dividido em duas zonas aquíferas, sendo elas o manto de alteração e a rocha fraturada. O manto de alteração se forma através do intemperismo da rocha sã exposta por tempo prolongado, especialmente em regiões úmidas. O manto age como aquífero de porosidade granular (Neves et al., 2006) e ocorre de forma livre. Na rocha cristalina associada à fraturas, a percolação de água se dá através de lineamentos estruturais de forma descontínua. Aquíferos fraturados são caracterizados por forte anisotropia e tendem a apresentar baixa produtividade devido à sua reduzida permeabilidade. Segundo DAEE/LEBAC (2013), 83% das vazões específicas do Aquífero Cristalino alcançam até 0,5 m³/h/m, sendo que 43% situam-se entre 0,2 m³/h/m e 0,5 m³/h/m. Predominam no aquífero águas bicarbonatadas cálcicas e mistas e, subordinadamente, bicarbonatadas sódicas. Sua condutividade elétrica varia entre 18 e 562 µS cm⁻¹ e o pH varia entre 5 e 9,4 (CETESB, 2016).

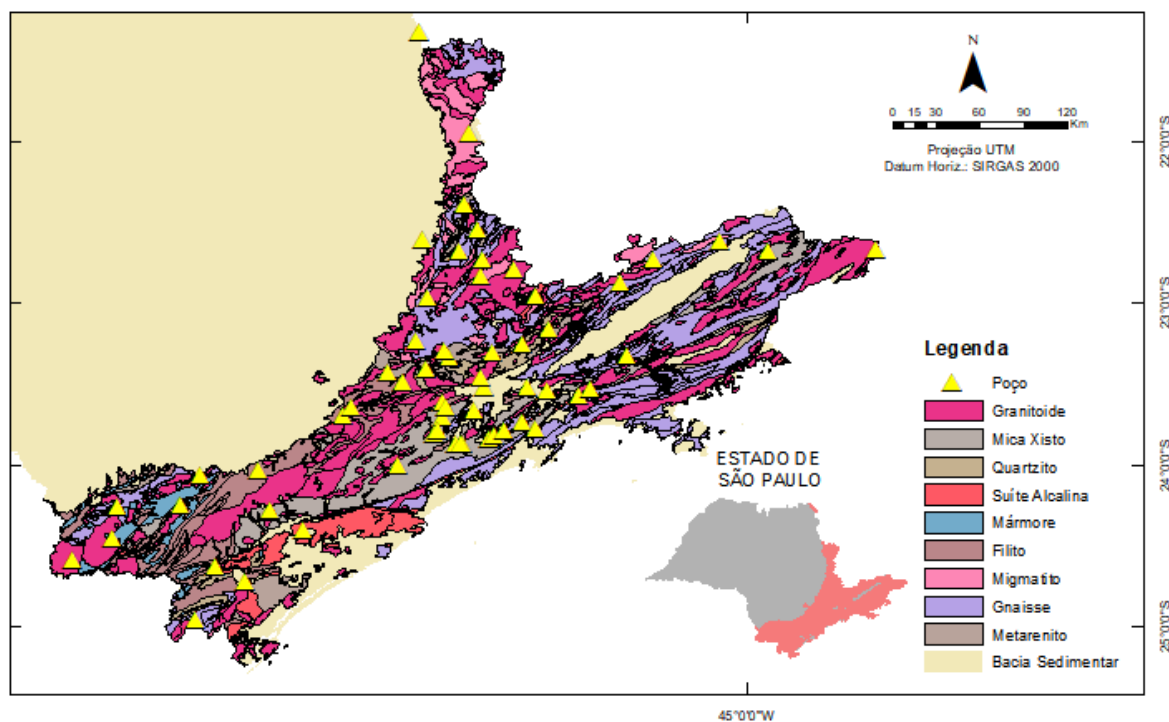


Figura 1. Mapa litoestratigráfico da área de estudo mostrando a localização dos poços em que foram coletadas as amostras estudadas.

MÉTODOS

Para a realização do estudo foram seguidas as etapas:

- Levantamento de dados de amostras de água do Aquífero Pré-Cambriano a partir do Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas da CETESB, triênio 2013-2015, totalizando dados de 343 amostras coletadas em 65 poços.

- Para selecionar as amostras que foram analisadas, aplicou-se o cálculo do balanço iônico, sendo que o coeficiente de erro da análise é determinado pela fórmula: $e\% = \left[\frac{\Sigma c - \Sigma a}{\Sigma c + \Sigma a} \right] \cdot 100$, onde Σc é a concentração total dos cátions e Σa é a concentração total dos ânions, em miliequivalente por litro (meq/L). Foi admitido um erro de balanço iônico compreendido entre $\pm 10\%$. Dessa forma, selecionou-se uma amostra por poço. Do total, 11 poços não possuíam amostras dentro do erro aceitável, então foram selecionadas as amostras com o menor o erro entre elas.

- Foi realizado tratamento estatístico preliminar (valores máximo e mínimo, média e desvio padrão), bem como classificação hidroquímica através do diagrama de Piper.

RESULTADOS

A média do pH das 65 amostras analisadas é 6,96, sendo o valor mínimo 5,0 e o valor máximo 9,03. O valor médio da condutividade elétrica é 181,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o valor mínimo é 18,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o valor máximo é 387,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Neste estudo, optou-se por dividir o embasamento cristalino do Estado de São Paulo em nove unidades distintas a partir de litotipos, sendo elas: gnaisses, granitoides, mica xistos, metarenitos, suítes alcalinas, mármore, migmatitos, filitos e quartzitos.

A fim de classificar as amostras segundo sua hidroquímica, utilizou-se o Diagrama de Piper, o qual se mostra uma boa ferramenta para caracterizar a hidroquímica do Sistema Aquífero Pré-Cambriano e atingir o objetivo deste trabalho.

A classificação de Piper (Figura 2) foi feita para as 65 amostras, agrupadas em unidades litoestratigráficas de acordo com as localizações dos poços em que foram coletadas. No diagrama não consta a unidade de quartzitos, uma vez que nenhum poço se encontra nesta unidade. Seis amostras foram alocadas no grupo indistinto, visto que os respectivos poços encontram-se em unidades sedimentares e não se pôde relacioná-las a nenhuma unidade do embasamento.

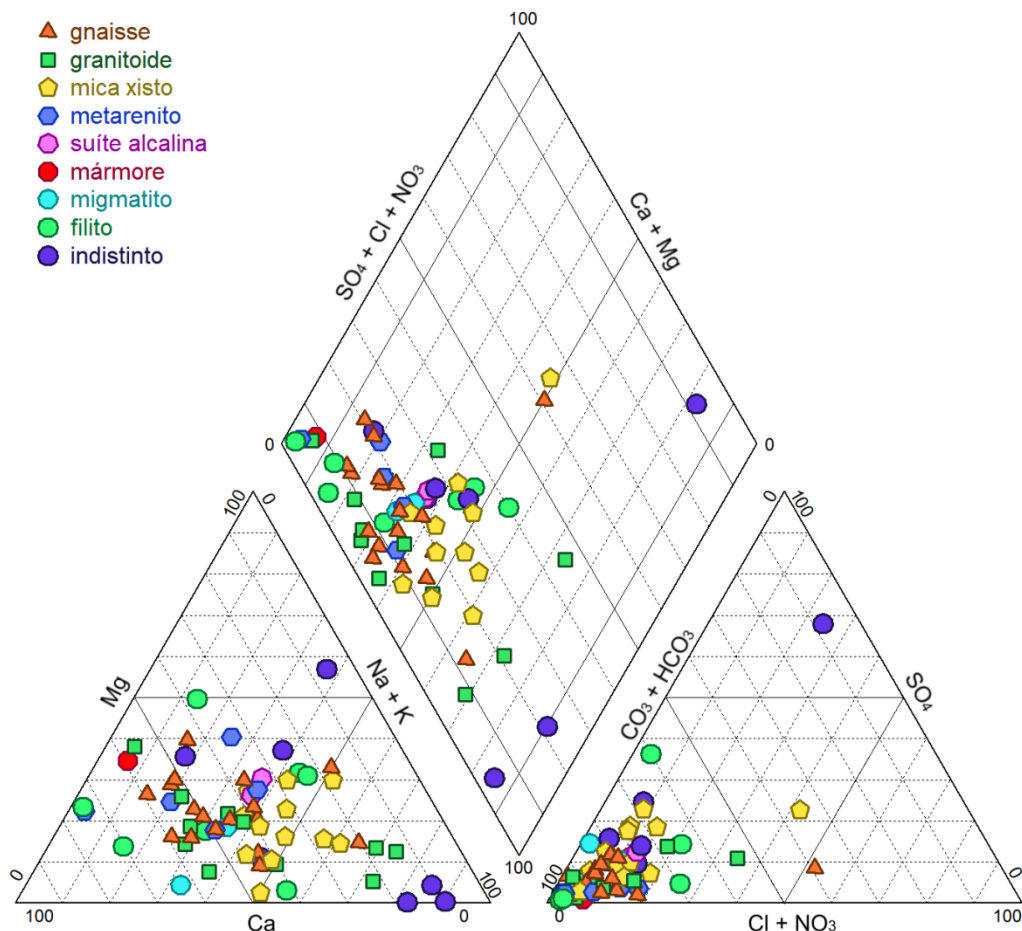


Figura 2. Diagrama de Piper para classificação hidroquímica.

O grupo gnaiss abrange 18 amostras de pH médio 6,90 e condutividade elétrica média 192,61 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em sua maioria, podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas-sódicas. Uma amostra pode ser classificada como cloretada sódica. Tal amostra, por ter sido coletada em nascente, tende a apresentar valores anômalos em relação a outras amostras da mesma unidade.

As 11 amostras que compõem o grupo de granitoides possuem pH médio 6,82 e condutividade elétrica média igual a 187,99 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Das águas deste grupo, 8 amostras podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas e 3 são melhor classificadas como bicarbonatadas sódicas. Destas últimas, duas amostras foram coletadas em nascente e uma próxima à superfície, o que pode explicar a grande diferença na concentração de íons em relação às outras amostras do mesmo grupo.

O grupo de mica xisto é representado por 12 amostras de pH médio 6,95 e condutividade elétrica média igual a 132,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Suas amostras podem ser classificadas, em geral, como bicarbonatadas sódicas-cálcicas. Uma amostra, coletada em nascente, é classificada como cloretada cálcica.

A unidade de metarenitos abrange 5 amostras que apresentam pH médio 6,76 e condutividade elétrica média 196,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tais amostras podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

As 3 amostras alocadas no grupo suíte alcalina apresentam pH médio 6,65 e condutividade elétrica média 151,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

Apenas uma amostra compõe o grupo mármore, de pH médio 7,4 e condutividade elétrica média 321,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta amostra é classificada como bicarbonatada cálcica.

O grupo de migmatitos é composto por 2 amostras bicarbonatadas cálcicas, de pH médio 7,32 e condutividade elétrica média 132,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A unidade de filitos abrange 7 amostras bicarbonatadas cálcicas-sódicas de pH médio 6,79 e condutividade elétrica média 201,39 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Por fim, o grupo indistinto é formado por 6 amostras coletadas em poços de unidades sedimentares, em sua maioria depósitos aluvionares. O pH médio destas águas tende a alcalino, com média 7,83. Sua condutividade elétrica média é 203,43 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De forma geral, podem ser classificadas, segundo o ânion predominante, como bicarbonatadas. Não há um padrão bem definido na concentração de cátions. Algumas amostras apresentam altos teores de sódio, uma amostra apresenta alto teor de magnésio e duas amostras apresentam concentrações médias de Na-Ca-Mg. Uma amostra pode ser classificada como sulfatada sódica.

Ao se observar a classificação hidroquímica através do Diagrama de Piper, nota-se que predominam no Sistema Aquífero Pré-Cambriano águas bicarbonatadas cálcicas e, subordinadamente, bicarbonatadas sódicas. Algumas amostras coletadas em nascentes tendem a apresentar valores anômalos de concentração iônica se comparadas com outras amostras do mesmo grupo. Os valores médios de pH das unidades não apresentam discrepância entre si, estando próximos de 7. A unidade mármore, que abrange apenas uma amostra, se distingue das demais por apresentar alto valor de condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2013-2015. São Paulo, CETESB. 2016. www.cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE/SERH; Instituto Geológico – IG/SMA; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/SCTDE; Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala: 1:1.000.000 / Rocha, G. A. (Coord. Geral). Conselho Estadual de Recursos Hídricos, São Paulo, 2005.

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE; Laboratório de Estudo de Bacias – LEBAC/IGCE. Águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção. São Paulo, DAEE/LEBAC. 2013.

Neves, M.; Morales, N.; Pereira, S. Y. Caracterização hidrogeológica dos Sistemas Aquíferos Cristalino e Tubarão na Bacia do Rio Jundiá (SP). *Águas Subterrâneas*, v.20, n.1, p.47-66. 2006.