



MEMÓRIA

PROMOÇÃO:

Governo Federal

Ministério do Meio Ambiente

Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

Agência Nacional de Águas

Governos Municipais

Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto
Prefeitura Municipal de Serrana
Prefeitura Municipal de Altinópolis
Prefeitura Municipal de Cravinhos
Prefeitura Municipal de Jardinópolis
Prefeitura Municipal de Sertãozinho

Governo do Estado de São Paulo

Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo
Secretaria de Saneamento e Energia
Departamento de Águas e Energia Elétrica
Secretaria do Meio Ambiente
Coordenadoria de Recursos Hídricos
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Instituto Geológico

MODELO CONCEITUAL DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUA NOS BASALTOS DE RIBEIRÃO PRETO E COMO ISTO AFETA A VULNERABILIDADE DO SAG

Amélia J. Fernandes, Claudia Varnier, Márcia M. N. Pressinotti,

Luciana M. R. Ferreira, Mara A. Iritani

Instituto Geológico/SMA-SP

Ingo Wahnfried, Carlos Maldaner, Ricardo Hirata

Instituto de Geociências/IGC-USP

Allen Shapiro

United States Geological Survey (USGS)

Allain Rouleau

Universidade de Quebec em Chicoutmi (UQAC)

Introdução

O Instituto Geológico, em parceria com a USP, USGS, UQAC, e com colaboração do IPT, ON e COC, desenvolveu estudo geológico e hidrogeológico de detalhe em área localizada no distrito de Bonfim Paulista, município de Ribeirão Preto, com o intuito de responder a seguinte questão: existe recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG) através dos basaltos do Aquífero Serra Geral (ASG)?

A motivação de realização deste projeto é o fato do SAG, o mais importante e estratégico manancial de água potável do Brasil, estar sendo ameaçado, em termos de qualidade e quantidade, devido à instalação de grandes centros urbanos em áreas constituídas de basalto, mas muito próximas ao afloramento do SAG. Silva (1983) e Sinelli (1987) sugeriram, com base em indícios hidrogeoquímicos, que há recarga do SAG, com águas que atravessam o Aquífero Serra Geral (ASG), em uma faixa de pouco menos de 40 km a partir do contato entre os basaltos e os arenitos da Formação Botucatu para oeste. O Instituto Geológico através da realização de projeto “Sistema de Informação para o Gerenciamento Ambiental do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo” (processo FAPESP 02/10368-0), também detectou que poços de SAG, na área urbana de Ribeirão Preto, apresentam concentrações elevadas de Nitrato e Cloreto, levantando a possibilidade de desta contaminação chegar ao SAG através de fraturas transmissivas do ASG. Assim o presente projeto pretendeu contribuir para o entendimento e a quantificação do fluxo vertical através dos basaltos, pois este, em existindo, interfere tanto na disponibilidade hídrica, como na vulnerabilidade à poluição do SAG.

A recarga do SAG através dos basaltos deve ocorrer através de fraturas subverticais que cortam os basaltos. Assim o projeto aplicou métodos que permitem caracterizar tais estruturas tanto geológica como hidrogeologicamente. Os métodos utilizados são resumidamente enumerados abaixo:

(1) mapeamento geológico e estudo das estruturas tectônicas rúpteis posteriores à consolidação dos basaltos;

(2) identificação de descontinuidades em subsuperfície utilizando técnicas de geofísica de superfície;

(3) construção de poços em basalto, nos quais foram realizadas perfilagens geofísicas para caracterização da rocha e de suas fraturas, além de perfilagens de temperatura e de condutividade na água contida no poço;

(4) testes de bombeamento, de injeção e slug testes em intervalos específicos, com a utilização de obturadores para a identificação de zonas de fraturas mais transmissivas e quantificação de seus parâmetros hidráulicos (condutividade hidráulica e transmissividade);

(5) testes de bombeamento do SAG, de longa duração, com observação do SAG e do ASG em poços próximos;

(6) testes com traçadores para investigar a porosidade efetiva do SAG, conexão entre SAG e ASG e problemas construtivos de poços (falta de isolamento sanitário).

(7) coleta de água e realização de análises hidrogeoquímicas e isotópicas em águas do SAG e do ASG;

(5) elaboração de modelos conceituais de circulação de água subterrânea no ASG integrando todos os dados obtidos.

Os resultados são descritos abaixo de forma bastante sucinta.

Resultados

Geologia e análise estrutural

Na área de Bonfim Paulista (Figura 1) foram identificados quatro derrames de basaltos com espessuras que variam predominantemente entre 50 e 80 m. Os contatos dos derrames mergulham para sudoeste. As porções superiores de cada derrame apresentam níveis vesiculares, cuja espessura varia de 2 a 30 m. Da base para o topo, os derrames foram chamados de B1, B2, B3 e B4. Entre B2 e B3 são comuns corpos de pequena espessura (até 5 m) de arenitos.

Fraturas subhorizontais de grande extensão podem estar presentes nos contatos entre derrames e na porção inferior de B3. A porção central de cada derrame apresenta grande densidade de fraturas subverticais (a grande maioria preenchida por minerais), mas só uma pequena minoria destas, e ainda de forma descontínua está presente nos níveis vesiculares e nos arenitos intertrappe, sugerindo que estas porções sejam uma barreira hidráulica para o fluxo vertical de água. Considera-se que apenas zonas de fratura de grande envergadura, que parecem ser pouco frequentes na área de estudo, seriam capazes de seccionar os níveis vesiculares e arenitos de modo a promover a conexão entre ASG e SAG.

Hidrogeologia

Os níveis de água do SAG e ASG, observados nos poços construídos, mostram que o fluxo de água subterrânea, no local do estudo, é descendente, já que a potenciómetria do basalto é mais alta que a do SAG. As perfilagens dos poços e os ensaios hidráulicos com obturadores mostram que a circulação de água nos basaltos dá-se preferencialmente ao longo de fraturas sub-horizontais que ocorrem até cerca de 30 m de profundidade, com baixas transmissividades individuais. Também pode ocorrer fluxo de água muito lento nos níveis vesiculares, provavelmente possibilitado por pequenas fraturas que conectam as vesículas e geodos. As fraturas subverticais que seccionam os poços não são hidráulicamente ativas, indicando que a grande quantidade de fraturas subverticais que cortam os basaltos densos não promovem o fluxo de água subterrânea, ou seja, tais fraturas estão fechadas ou seladas, como indicado por observações geológicas. No poço Limeira (PL), foram testados, com obturadores, os seguintes intervalos: 16,2 a 17,3 (fratura transmissiva subhorizontal); 24,2 a 25,3 (fraturas de mergulhos baixos e direção predominantemente NE) ; 55,1 a 58,5 (nível vesicular). Em nenhum teste de bombeamento, por mais longo que fosse, foi notada uma passagem, em tempo médio a tardio de execução, de água entre os níveis obturados, denotando que não deve haver conexão entre as fraturas testadas. Com a subdivisão do poço PL em 2 partes por um obturador, a transmissividade do intervalo superior (acima de 58 m de profundidade) mostrou-se 2 ordens de grandeza maior que a da porção inferior.

Foi realizado ensaio de 7 dias no SAG, com bombeamento do poço Esmeralda (PE) que penetra cerca de 58 m nos arenitos. A observação de dois poços, com piezômetros no SAG e no ASG, fez parte do teste de modo a que os resultados não fossem influenciados por perdas de carga no poço bombeado. A condutividade hidráulica determinada varia em função da direção, e os valores são um pouco menores que os encontrados na literatura. A curva de rebaixamento obtida com o teste indica que a drenança do ASG para o SAG ou é muito reduzida ou é inexistente.

Hidroquímica e isótopos

Os dados isotópicos, em concordância com os geológicos e hidrogeológicos, mostram que as águas mais rasas no basalto tem conexão com a superfície, no entanto, abaixo da profundidade de 50 m as águas são muito antigas e de reduzida conexão, tanto com os intervalos mais rasos como com o SAG subjacente, cujas águas são mais jovens que as do basalto em 55 m de profundidade.

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{2\text{H}}$ e $\delta^{13}\text{C}$ variam com a profundidade de coleta no PL. As águas tornam-se mais empobrecidas, ou seja, com menor recarga recente, em $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{2\text{H}}$ e mais antigas (dados de $\delta^{13}\text{C}$) com o aumento da profundidade, sobretudo a 55,0 m, mostrando reduzida conexão hidráulica entre as águas dos vários intervalos. As assinaturas isotópicas mostram que as águas de 55 m são muito antigas, além de empobrecidas em isótopos estáveis, inclusive com relação às águas do SAG subjacentes (coletadas

no poço piezômetro PPE2G). Assim, conclui-se por reduzida ou nenhuma conexão entre SAG e ASG na área.

Modelo conceitual

As principais características do fluxo de água no ASG são:

- Fluxo vertical intenso através de fraturas verticais até profundidades da ordem de 20 m, é restrito a posições mais elevadas topograficamente, sendo que grande parte da água que infiltrou através do solo e fraturas sai do sistema ou no contato solo/rocha alterada, ou ao longo de fraturas sub-horizontais, formando nascentes nas encostas.

- Fluxo horizontal preferencial ao longo de fraturas horizontais a sub-horizontais de continuidade decamétrica a até centenas de metros, descontínuas, que ocorrem até cerca de 40 m de profundidade.

- Os níveis vesiculares apresentam fluxo lateral lento, provavelmente possibilitado por pequenas fraturas que propiciam a conexão entre as cavidades existentes neste níveis (vesículas e geodos). Camadas lateralmente descontínuas e pouco espessas de arenitos incrementam K e a capacidade de armazenamento.

- Fluxo vertical é regionalmente impedido devido à baixa densidade de fraturas nos níveis BVA e à baixa condutividade hidráulica das fraturas do basalto denso. É possível que este fluxo ocorra muito localizadamente ao longo de estruturas de maior envergadura, que seccionam tanto os basaltos densos como os níveis vesiculares, e que apresentam direção favorável a sofrer cisalhamento, resultante da atuação do campo de esforços atual.

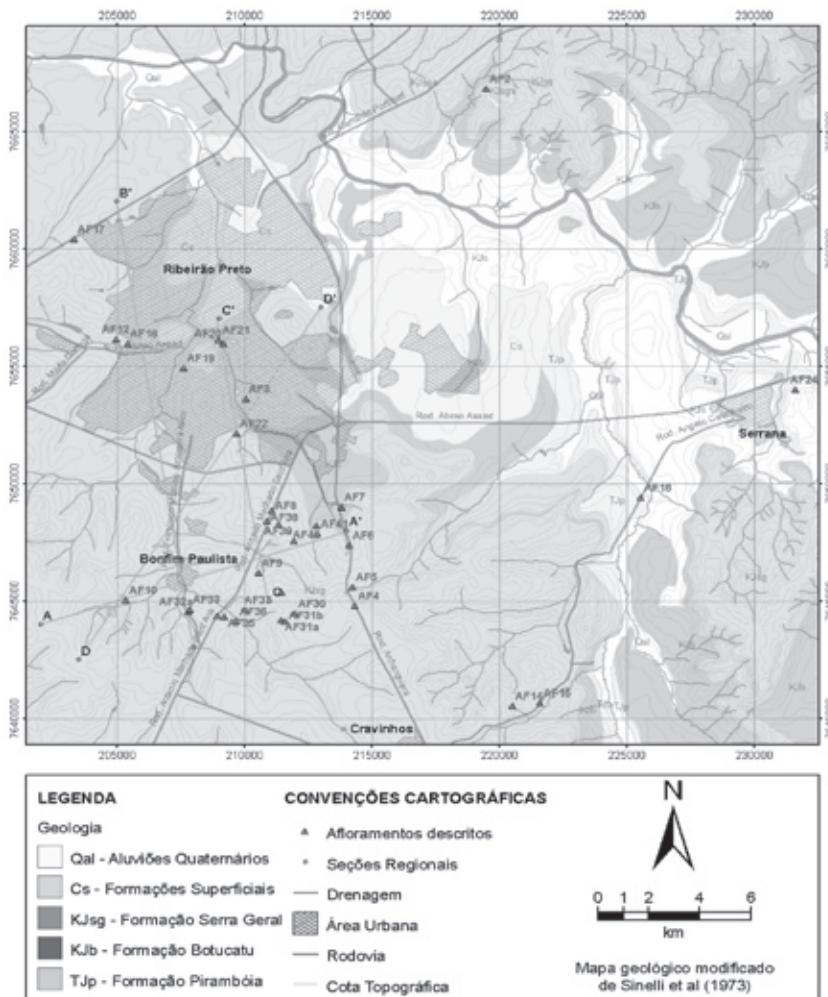


Figura 1. Mapa geológico e de localização de poços, afloramentos, seções regionais e da área selecionada para estudo de detalhe (retângulo em preto que contém Bonfim Paulista).