

ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS E O CONTEXTO ESTRUTURAL DA BACIA DE TAUBATÉ (SP)

Heraldo Cavalheiro Navajas Sampaio Campos*

RESUMO

A partir de 1.364 análises químicas de águas de poços tubulares distribuídas no território paulista, o autor elaborou o "Mapa Hidrogeoquímico do Estado de São Paulo - Escala 1:1.000.000".

O estudo mostrou os indícios de anomalias hidrogeoquímicas existentes na Bacia de Taubaté (SP), através de valores excessivos de fluoreto, sulfato, cloreto e teor salino.

A hipótese mais provável para o surgimento destas anomalias é a proximidade de zonas sísmogênicas, de anomalias geotermiais da crosta e do trend estrutural NE do embasamento cristalino.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia de Taubaté com uma área de 2.200 km² de extensão localiza-se no Vale do Paraíba e se insere numa macro-região do sudeste do Estado de São Paulo de intensa industrialização e de avançada urbanização.

Com uma população de mais de 1,5 milhão de habitantes, apresenta perspectivas ainda maiores de crescimento por estar localizada ao longo do eixo Rio-São Paulo.

A degradação dos recursos naturais na região parece ser um processo inexorável. Em especial, os impactos da ocupação urbana e industrial sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são visíveis e bem caracterizados, traduzindo-se em escassez de água face à demanda e ao severo grau de poluição, em razão do lançamento de esgoto doméstico e industrial não coletado e tratado convenientemente.

No caso específico do uso das águas subterrâneas, a superexploração dos aquíferos já começa apresentar seus efeitos através de indícios de abatimento do nível d'água em trechos com alta densidade de poços tubulares. As indústrias exploram as águas subterrâneas de forma intensiva e descontrolada, injetando seus rejeitos no subsolo, por infiltração a partir de lagoas de estocagem ou por espalhamento no solo.

Todavia, os reflexos desta degradação estão sendo melhor avaliados por outros estudos. Neste trabalho, será enfatizada a composição e evolução química natural das águas subterrâneas no meio aquífero, bem como a hipótese de condicionamento estrutural para o surgimento de anomalias hidrogeoquímicas na Bacia de Taubaté.

2. QUADRO HIDROGEOLÓGICO

Os reservatórios de água subterrânea, são caracterizados em função dos seus limites em superfície e subsuperfície, condições

Geólogo.

Mestre (geologia geral e de aplicação).

Doutor em Ciências (geoquímica e geotectônica).

Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

Caixa Postal 318, CEP 12.010-970, Taubaté-SP, Fax (0122)33-7116.

de armazenamento e circulação de água, como unidades práticas para investigação e exploração em escala regional.

Dentro deste enfoque os fatores determinantes, nesta escala, são a geologia regional e as propriedades hidráulicas e hidrogeoquímicas do meio aquífero.

No contexto geológico regional, a Bacia de Taubaté que abriga o grupo homônimo, é composta por sedimentos terciários das Formações Tremembé e Caçapava. Situados numa fossa tectônica, a distribuição dessas formações está controlada pela disposição de falhas, em cujo arcabouço se encontram argilitos, folhelhos e arenitos argilosos com intercalações de areias (IPT,1981).

Utilizando-se do conceito de "província hidrogeológica" como meio de classificação regional do modo de ocorrência da água subterrânea (Tolman, 1937 apud Mente et al.,1976), ou denominando os reservatórios de águas subterrâneas de "sistemas aquíferos ou simplesmente aquíferos", a Bacia de Taubaté pode ser classificada como um sistema aquífero sedimentar, permeável por porosidade granular.

No centro da Bacia a espessura máxima do pacote sedimentar é de 500 metros, mas o aquífero é captado a profundidades de 100 a 250 metros, onde ocorrem as zonas mais permeáveis; as permeabilidades médias aparentes variam de 0,01 a 1,0 m/d. A sua extensão é limitada, livre a confinado, descontínuo e heterogêneo (DAEE 1984, 1988 e 1990; Campos, 1993).

Atualmente estima-se que o sistema aquífero Taubaté seja explorado por mais de 1.000 poços tubulares, com vazões variáveis de 30 a 250 metros cúbicos por hora, que abastecem principalmente cidades e indústrias.

3. HIDROGEOQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO TAUBATÉ: ESTADO DA ARTE

O DAEE (1977) estuda regionalmente as águas subterrâneas dos "sedimentos terciários da Formação Taubaté" e verifica que o pH varia de 4,5 a 6,5 e que o resíduo seco destas águas varia de 20 a 683 mg/l, com média de 120 mg/l, geralmente não ultrapassando a 300 mg/l de teor salino. Os íons cálcio e sódio predominam sobre o magnésio, entre os cátions; o ânion predominante é o bicarbonato, sendo o conteúdo de cloreto e sulfato muito baixo nas águas.

A CETESB (1978) no seu trabalho "Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo-Estudo Preliminar", aponta os seguintes valores físico-químicos encontrados nas águas da Bacia de Taubaté: temperatura 21,0 a 25,0 °C; pH 4,0 a 9,0; sólidos totais dissolvidos (média) 132 mg/l; nitrato (média) 0,35 mg/l N; ferro (médio) 1,22 mg/l e teores de sulfato inferiores a 250 mg/l.

Teissedre & Mariano (1978) analisam as águas subterrâneas dos sedimentos da Bacia de Taubaté e verificam que resíduo seco varia de 20 a 683 mg/l (média de 120 mg/l, não ultrapassando 300 mg/l, salvo na sub-Bacia de Tremembé onde predominam os folhelhos do fácies lacustre), pH geralmente ácido, inferior a 6,5 (na sub-Bacia Tremembé, o pH varia de neutro a fracamente básico), alcalinidade variando de 1 a 782 mg/l CaCO₃. Foram encontrados teores relativamente altos de sílica (4 a 75 mg/l), cálcio (0 a 58 mg/l); magnésio (0 a 31 mg/l) com a razão Mg/Ca sempre inferior a 0,6 e sódio (0 a 280 mg/l), sendo que os valores mais altos de sódio foram encontrados em poços que captam águas mais profundas no centro da Bacia.

O bicarbonato é o ânion predominante enquanto que os teores

de cloreto e sulfatos são geralmente muito baixos. As águas podem ser classificadas de bicarbonatadas sódicas, às vezes bicarbonatadas cálcicas, secundariamente sódicas. Os teores de ferro variam de 0,01 a 4,8 mg/l, com valor médio de 0,44; concentrações acima de 0,03 mg/l foram notadas em algumas áreas restritas, próximas dos afloramentos de rochas cristalinas. As temperaturas estão no intervalo de 22 a 24°C, sendo que para as águas de um poço de 500 metros (sub-Bacia Tremembé), a temperatura atingiu 49°C (Teissedre & Mariano op. cit.).

Szikszay (1980) em estudo metodológico aplicado na avaliação da qualidade das águas subterrâneas do Vale do Paraíba, aponta dois tipos hidroquímicos para os sedimentos da "Formação Taubaté": bicarbonatadas sódicas e/ou cálcicas (predominante) e cloro-sulfatadas sódico-cálcicas.

No que se refere à utilização das águas subterrâneas, sua qualidade química natural atende, a grosso modo, aos requisitos de potabilidade e irrigação; quanto ao uso industrial, para alguns tipos de indústrias as águas necessitam de correção (DAEE, 1984).

Moreira-Nordemann & Rebouças (1986), efetuando um estudo sistemático da composição química das águas de chuva e de um poço (Formação Caçapava) na Bacia de Taubaté, observaram que os valores iônicos das águas subterrâneas decrescem na seguinte ordem $K > Cl > Na > Ca > Mg$; o enriquecimento iônico em K^+ , possivelmente está relacionado com a composição mineralógica dos sedimentos da Formação Caçapava, rica em feldspatos potássicos; a presença de Na^+ parece ser devida à contribuição tanto da água de chuva quanto dos sedimentos; no caso do Cl^- , a chuva parece dar maior contribuição, pois as concentrações deste elemento diminuem à medida em que a estiagem se prolonga.

O Ca^{2+} , embora apresentando altos teores nas águas de chuva, aparece empobrecido nas águas do poço pesquisado levando a crer que este elemento está sendo retido pelo solo e/ou reciclado pela biomassa; o íon Mg^{2+} é o menos abundante nos três meios considerados (chuva, águas subterrâneas e sedimentos); o pH é superior nas águas subterrâneas (devido a incorporação de íons nas águas, em consequência da percolação) e se situa entre 4,5 e 6,5 (Moreira-Nordemann & Rebouças op. cit.).

Em termos de evolução hidrogeoquímica é sugestiva uma tendência de enriquecimento salino e iônico apontando para o centro da Bacia de Taubaté como reflexo da litologia (Campos, 1993 a e b).

4. ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS E O CONTEXTO ESTRUTURAL

Os parâmetros resíduo seco a 180°C, fluoreto, sulfato e cloreto que excedem os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Decreto 12.486 de 20/10/78, NTA-60, do Governo do Estado de São Paulo (LEX, 1978), respectivamente, 500 mg/l, 1,2 mg/l, 250 mg/l e 250 mg/l, foram adotados como indicativos pontuais de anomalias para as águas subterrâneas do sistema aquífero Taubaté (Campos, 1993 a e b).

A hipótese de condicionamento estrutural para o surgimento destas anomalias pode ser explicada pelo contexto descrito a seguir por alguns autores.

Segundo Hasui et al. (1982) em estudo da geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna (RJ) as condições tectônicas atuais parecem residuais, com discreta acomodação dos blocos intensamente movimentados no Terciário. Essa acomodação, a se julgar pelos dados

geomorfológicos e sísmicos, não é generalizada mas se concentra em área de maior incidência, caracterizando várias zonas sismogênicas. Essas zonas de instabilidade tectônica e sismogênica têm sido consideradas como províncias sismo-tectônicas.

A zona sismogênica de Cunha é que apresenta maior número de epicentros. É também a que, por seu relevo, denota ter sofrido maior movimentação durante o Terciário (Hasui et al., op. cit.).

Frangipani & Hanza (1987), com base em 96 medidas de fluxo geotérmico, elaboraram o primeiro mapa geotermal do estado de São Paulo. As curvas de isovalores de fluxo geotérmico, apesar do caráter preliminar, revelaram algumas características fundamentais do regime geotérmico da crosta sob o Estado. Foi identificada entre outras regiões anômalas, o Vale do Paraíba.

Fenômenos de hidrotermalismo foram observados na porção sul da Bacia de Taubaté, pouco a leste de Caçapava Velha afetando sedimentos terciários (Riccomini, 1989).

Para Miotto (1990) na tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro, as energias liberadas pelos sismos desta região ocorrem preferencialmente, em determinada área cuja coincidência com suturas e lineamentos antigos é notável.

Segundo Hasui (1990) as zonas sismogênicas do Brasil têm sido delineadas e relacionadas por onde passam os cinturões de cisalhamento e as suturas associadas de direção NE-SE na Bacia de Taubaté.

As anomalias hidrogeoquímicas observadas, principalmente de fluoretos nas águas subterrâneas, podem ter sua distribuição associada às águas bicarbonatadas sódicas nas porções NE e SE da Bacia de Taubaté (Campos, 1993 a e b).

5. CONCLUSÕES

A luz dos dados até aqui pesquisados, o estudo mostra que em duas áreas da Bacia, uma a NE e outra a SE, as anomalias hidrogeoquímicas estão distribuídas pontualmente e a hipótese mais provável para este fenômeno é a associação às proximidades de zonas sismogênicas, de anomalias geotermiais da crosta e do trend estrutural NE do embasamento cristalino.

Futuros trabalhos de investigação hidrogeológica e hidrogeoquímica na Bacia de Taubaté deverão privilegiar áreas ou sub-bacias representativas de aquíferos individualizados, e contar, avaliando-se inicialmente os custos de pesquisa, com perfurações e amostragens especiais de rocha e de água, de modo a propiciar a confirmação das suspeitas aqui levantadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, H.C.N.S. 1993 a. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 177p. e 1 mapa (Tese de Doutorado, IGc/USP).
- CAMPOS, H.C.N.S. 1993 b. Mapa hidrogeoquímico do Estado de São Paulo (Brasil). In: SIMP. BRAS. REC. HÍDR., 10/SIMP. REC. HÍDR. CONE SUL, 1. Gramado, 1993. Anais...ABRH, Gramado v.4, p.520-528.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1978. Poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo, estudo preliminar. São Paulo, CETESB. 88p., ilustr., mapas.

DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1977. Estudo de águas subterrâneas da região administrativa 3 (São José dos Campos e Faixa Litorânea), SP. São Paulo, ENCO, 5v.

DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1984. Caracterização dos recursos hídricos no Estado de São Paulo. São Paulo, DAEE. 175p.

DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1988. Água subterrânea: reserva estratégica. Rev. Águ. Ener. Elét. DAEE. 5,13:14-24.

DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1990. Plano estadual de recursos hídricos: primeiro plano do Estado de São Paulo. São Paulo, DAEE. 140p.

FRANGIPANI, A. & HANZA, V.M. 1987. Mapas de fluxo geotermal do Estado de São Paulo. In: ENC. REG. GEOF., 2. Salvador, 1987. Boletim.. Salvador, SBGF. p.66-67.

HASUI, Y. 1990. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORK. NEOT. SED. CEN. CONT. SUD. BRAS., 1. Belo Horizonte, 1990. Boletim... Belo Horizonte, SBG. 11:1-31.

HASUI, Y., ALMEIDA, F.F.M. de; MIOTO, J.A.; MELO, M.S. de. 1982. Geologia, tectônica, geomorfologia e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo, IPT. (Monografia IPT nº 1.225).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000. São Paulo, IPT. 1 volume de texto explicativo e 1 mapa.

LEX (Coletânea de Legislação e Jurisprudência). 1978. Volume XLII, julho-dezembro, LEX Editora Ltda. p.1071-1073.

MENTE, A.; PESSOA, M.D.; MONT'ALVERNE, A.F. 1976. Projeto mapa hidrogeológico do Brasil, escala 1:2.500.000. In: CONG. BRAS. GEOL., 30. Recife, 1976. Anais... Recife, SBG. 6:2959-2962.

MIOTO, J.A. 1990. Tentativa de zoneamento sísmico do sudeste brasileiro. In: WORK. NEOT. SED. CEN. CONT. SUD. BRAS., 1. Belo Horizonte, 1990. Boletim... Belo Horizonte, SBG. 11:33-45.

MOREIRA-NORDEMANN, L.M. & REBOUÇAS, A.C. 1986. Comportamento geoquímico de íons em águas de chuva e subterrânea. In: CONG. BRAS. ÁGU. SUBT., 4. Brasília, 1986. Anais... Brasília, ABAS. 221-236.

RICCOMINI, C. 1989. O rift continental do sudeste do Brasil. São Paulo. 256p. e anexos. (Tese de Doutorado, IGc/USP).

SZIKSZAY, M. 1980. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas: uma metodologia aplicada nas regiões do Vale do Paraíba e Ribeirão Preto-Estado de São Paulo. Rev. Águ. Subt. ABAS. 2(1):26-32.

TEISSEDER, J.M. & MARIANO, I.B. 1978. Possibilidades hidrogeológicas da Bacia de Taubaté, São Paulo. In: CONG. BRAS. GEOL., 30. Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. 6:3003-3011.