

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Por: **Mária Szikszay**

### **UMA METODOLOGIA APLICADA NAS REGIÕES DO VALE DO PARAÍBA E RIBEIRÃO PRETO — ESTADO DE SÃO PAULO.**

#### **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem como finalidade descrever a metodologia utilizada na avaliação da qualidade da água subterrânea nas Regiões Administrativas 3 e 6 (Vale do Paraíba e Ribeirão Preto) nos projetos encarregados ao convênio CETESB/ENCO.

A região do Vale do Paraíba localiza-se na parte oriental do Estado de São Paulo (Fig. 1) com área de aproximadamente 13.500 Km<sup>2</sup> e sede em São José dos Campos. A região de Ribeirão Preto localiza-se na parte noroeste do Estado de São Paulo, cobrindo aproximadamente 35.000 Km<sup>2</sup> de área.

Figura 1. Localização das Regiões Administrativas 3 e 6.

#### **METODOLOGIA**

O desenvolvimento dos trabalhos constou de duas partes (Fig. 2), parte A, utilizando dados existentes e parte B, dados complementares.

Figura 2. Esquema do desenvolvimento dos trabalhos.

##### **Parte A. Dados Existentes**

##### **1.º Verificação da existência de dados disponíveis.**

Os dados para ambos os projetos foram fornecidos pelos Relatórios de Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas 3 e 6 (Vale do Paraíba e Ribeirão Preto) — do DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

Os dados são os seguintes:

##### **a. Análises físico-químicas, organolépticas e bacteriológicas.**

###### **Parâmetros verificados:**

- parâmetros organolépticos: cor, odor, gosto e turbidez;
- parâmetros físicos: pH, temperatura e condutividade elétrica;
- parâmetros químicos: O<sub>2</sub> dissolvido, CO<sub>2</sub>, Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, alcalinidade (HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub>, OH), dureza (total, permanente, temporária), resíduo seco total, fixo, a 180°C, Fe e SiO<sub>2</sub>;
- parâmetros indicadores: NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, F, B e oxigênio consumido;
- parâmetros bacteriológicos: bactérias coliformes totais e fecais.

- b. Dados das perfurações.
  - número de poços perfurados;
  - profundidade média;
  - vazão média;
  - perfil geológico;
  - aquífero (tipo);
- c. Dados diversos
  - área;
  - população urbana;
  - porcentagem da população abastecida;
  - porcentagem da população ligada a rede de esgotos;
  - volume de água distribuída.

O "Banco de Dados" foi organizado, após esse levantamento.

2.º Banco de Dados

- a. Análises físico-químicas, organolépticas e bacteriológicas:
  - Vale do Paraíba : 107 análises físico-químicas
  - Ribeirão Preto : 21 análises bacteriológicas
  - 347 análises físico-químicas

- b. Dados das perfurações:

Poços: Vale do Paraíba: aproximadamente 310 poços (280 nos sedimentos e 20-30 no cristalino)  
Ribeirão Preto: 630 poços cadastrados (Botucatu: 197, Basalto: 118, Bauru: 94, não determinados: 148).

Profundidade: Vale do Paraíba: 100-175 m.

Ribeirão Preto: ao redor de 100-150 m

Bauru: 81 m

Basalto: 144 m

Botucatu: 134 m.

Vazão Média: Vale do Paraíba: 30 m<sup>3</sup>/h, variando entre 10 — 200 m<sup>3</sup>/h.

Ribeirão Preto: Botucatu: 54 m<sup>3</sup>/h (até 200 m<sup>3</sup>/h)

Basalto: 20 m<sup>3</sup>/h (1-100 m<sup>3</sup>/h)

Bauru: 15 m<sup>3</sup>/h (2-80 m<sup>3</sup>/h).

Aquíferos: Vale do Paraíba: Terciário — Formação Taubaté: arenitos, siltitos, argilitos, folhelhos; Quaternário: aluvião.  
Ribeirão Preto: Formação Botucatú-Pirambóia (4.500 — 5.000 Km<sup>2</sup> na área do projeto): arenitos de granulação fina a média com estratificação cruzada; Formação Serra Geral (14.000 Km<sup>2</sup> na área do projeto): basaltos; Formação Bauru (10.000 km<sup>2</sup> na área do projeto): arenitos; sedimentos Cenozóicos.

- c. Dados diversos

Área: Vale do Paraíba: 13.500 Km<sup>2</sup>

Ribeirão Preto: 35.000 Km<sup>2</sup>

População Urbana: Vale do Paraíba: 800.000 habitantes

Ribeirão Preto: 1,4 milhões de habitantes.

Percentagem da População Abastecida: Vale do Paraíba: 65%  
Ribeirão Preto: 87%

Percentagem da população ligada a rede de esgotos:

Vale do Paraíba: 51%

Ribeirão Preto: 64,5% (para 59 municípios)

Volume de água distribuído: Vale do Paraíba: 170.136 m<sup>3</sup>/dia

Ribeirão Preto: 250.285 m<sup>3</sup>/dia

Municípios: Vale do Paraíba: 34

Ribeirão Preto : 80

### 3.º Sistematização dos dados

Tendo-se em vista o grande número de dados, foram estes tratados, primeiramente pelo programa HYCH de computador, que realiza as seguintes operações:

- . repete os dados das análises;
- . transforma mg/l em meq/l;
- . faz o balanço iônico (erro %);
- . fornece índice de troca de bases (i. e. b.)
- . fornece valores de "Sodium Adsorption Ratio" (SAR);
- . fornece as relações características em m.e.q (rCa/rMg, etc);
- . porcentagem de ânions e cátions em relação aos totais.

Com os resultados deste programa (não foram pedidas todas as operações) foram organizadas tabelas para cada região.

O segundo programa do computador, (HISTO) prepara histogramas, com intervalos convenientes, para cada elemento ou composto.

Em seguida apresentam-se os histogramas de NO<sub>3</sub> e F referentes as duas regiões, (Figs. 3, 4, 5 e 6).

Figura 3. Histograma de NO<sub>3</sub> (mg/l N), Região Administrativa 3 Vale do Paraíba.

Figura 4. Histograma de NO<sub>3</sub> — (mg/l N), Região Administrativa 6 — Ribeirão Preto.

Figura 5. Histograma de Fluoretos Região Administrativa 3 Vale do Paraíba.

Figura 6. Histograma de Fluoretos — Região Administrativa 6 Ribeirão Preto.

### 4.º Interpretação — Classificação.

Na obtenção dos histogramas iniciou-se a interpretação dos dados, marcando-se o limite de potabilidade, para uso agrícola e industrial de cada elemento ou composto.

Os padrões para comparar os limites de potabilidade são os da Organização Mundial da Saúde (OMS), International Drinking Water Criteria (Geneve, 1963); para uso agrícola do "US Department of Agriculture"; e para uso industrial da "Environmental Protection Agency" (EPA), "Water Quality Criteria" (1972).

Simultaneamente realizou-se a classificação das águas, utilizando para essa finalidade o diagrama de Piper (Fig 7). Esse diagrama, para as águas subterrâneas da região do Vale do Paraíba, foi elaborado pela equipe do DAEE e para as da região de Ribeirão Preto, está em preparo pela equipe CETESB/ENCO.

Figura 7. Diagrama de Piper — Região Administrativa — 3 — Vale do Paraíba.

## 5.º Conclusão da Parte A.

### — Vale do Paraíba

Na grande maioria, as águas são isentas de poluição, salvo em casos isolados onde existe contaminação bacteriológica. Para uso agrícola (parâmetros verificados: temperatura, sólidos totais dissolvidos, SAR, condutividade e boro) 88% das águas classificam-se como excelentes (exceção: 1 poço em Taubaté com  $T = 49^{\circ}\text{C}$ ).

Para uso industrial (parâmetros verificados: alcalinidade ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{OH}$ ), dureza total, Ca, Mg,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ , Fe e Mn), dependendo da indústria, existem algumas águas com teores em Fe, Ca,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{SO}_4$  acima dos limites próprios para cada indústria.

As águas podem ser classificadas como predominantemente bicarbonatadas sódicas e/ou cálcicas e em seguida cloro-sulfatadas sódio-cálcicas.

### — Ribeirão Preto

A análise dos dados permitiu concluir, até o presente, que as águas da Região de Ribeirão Preto, em linhas gerais não apresentam grandes problemas de poluição. Existem, todavia, algumas excessões para turbidez 3,3%, pH 1,7%, dureza total 9%, Fe 3,9%, F 2%,  $\text{NO}_3$  3,7% e consumo de oxigênio, 3 casos.

Para fins de uso na agricultura, existem 4 casos em Resíduo Total e 1 em valores de SAR, acima dos limites recomendados.

Para fins industriais são os seguintes compostos e número de análises com teores acima dos permitidos:  $\text{NO}_3$  22 (6%) Fe 15 (9%), Ca 135 (39%), Mg 2 (0,5%),  $\text{SO}_4$  4 (1,1%),  $\text{SiO}_2$  16 (5,2%) e dureza total 99 (29,1%).

As águas subterrâneas podem ser classificadas da seguinte forma:

Aquífero Bauru: predominantemente bicarbonatadas cálcicas ou calco — magnesianas;

Basalto: predominantemente bicarbonatadas sódicas;

Aquífero Botucatú: predominantemente calco-magnesianas e em seguida, bicarbonatas sódicas.

## Parte B. Dados Complementares

Finalizando assim a primeira parte, verificou-se a necessidade de algumas análises complementares. As novas análises foram obtidas, amostrando, primeiro, as águas de poços existentes e em seguida foram instalados piezômetros em áreas previamente localizadas em regiões onde não existiam dados suficientes sobre composição físico-química das águas subterrâneas. O desenvolvimento dos trabalhos dessa segunda parte ou Parte B refere-se ao projeto do Vale do Paraíba.

### 1.º Análises de águas de poços existentes.

Foi programada uma campanha de amostragem de água de poços profundos visando averiguar eventuais contaminações e, de maneira a cobrir de forma representativa, a área da bacia de Taubaté.

Os locais a serem amostrados, foram escolhidos, considerando-se a localização: das 16 indústrias potencialmente poluidoras, dos depósitos de lixo, despejos dos esgotos municipais, bem como, a localização das áreas de cultivo e utilização de adubos e pesticidas.

Consideraram-se ainda pontos associados em duplas ou trios para comporem cortes, de maneira que obtenham-se dados de posição mais próxima da área de descarga (posição A), posição mais distante da descarga (C) e da posição intermediária (B), de acordo com o afluxo do aquífero.

Feitas essas considerações 63 poços foram escolhidos no Vale do Paraíba para serem amostrados.

Nos poços amostrados os seguintes parâmetros foram determinados: temperatura, pH, condutividade elétrica, alcalinidade total,  $\text{NO}_3$ , detergentes, fenol e oxigênio consumido. Ainda em 10 poços os seguintes análises de metais pesados foram realizadas: Cd, Cr <sup>+6</sup>, Se, Hg, Pb, Zn e Cu.

Os resultados das análises foram tratados pelo computador, fornecendo os histogramas (Fig. 8).

Figura 8. Histograma de Teores de Fenol.

Os resultados dessas determinações complementares são os seguintes:

- fenóis acima dos limites permitidos (0,001 mg/l) em 30% das amostras;
- detergentes (limite: 05, — 1,0 mg/l) e metais pesados, em nenhum caso.

### 2.º Análise de água de piezômetros instalados.

Com o objetivo de se obterem dados em áreas onde não existia a possibilidade de amostragem das águas, foi executada uma campanha de instalação de 12 piezômetros, durante o período de 14/9 — 12/10/1978. Ao todo foram perfurados e revestidos 210,3 m.

Os piezômetros foram distribuídos em 4 áreas específicas:

- . depósito de lixo (lixão) — São José dos Campos, 3 piezômetros de profundidade de 21,4 m; 15 m e 20 m;
- . zona industrial e ao mesmo tempo pastagens — São José dos Campos, 4 piezômetros com profundidade de 16 m, 21,5 m, 14,4 m e 14 m.
- . áreas agrícolas — Caçapava: (uva e morgot), 4 piezômetros com profundidade de 24,4 m, 20 m, 18,3 m e 16 m e Piedade: (cana), 1 piezômetro com 8,5 m de profundidade.

Os piezômetros foram revestidos com tubo de PVC (3"), fechados na sua parte inferior, com o seu primeiro metro perfurado revestido com um filtro. A amostragem da água foi feita com tubo de PVC, tipo pistão com válvula de retenção na sua parte inferior.

Os seguintes parâmetros indicadores foram determinados: N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N Total, Fe, Mn, Detergentes e Fenol.

Os resultados obtidos são os seguintes: no lixão de São José dos Campos os teores em Fe (nos 3 piezômetros), em fenol (1) e em Mn (em todos 3) estão acima dos limites permitidos pela OMS e denunciam poluição da água subterrânea pelas substâncias acumuladas no lixão, através da infiltração facilitada pelas chuvas.

Na zona industrial (4 piezômetros) existem também teores mais elevados do que os limites permitidos em Fe (3), fenol (1), denunciando poluição proveniente das indústrias.

Na área agrícola (4 piezômetros) foram encontrados teores mais elevados do que os permitidos em Fe (4), fenol (4), Mn (4) e detergentes 1.

## CONCLUSÕES

Concluindo, pode-se dizer que as águas amostradas em 63 poços não apresentaram teores mais elevados do que os recomendados pela OMS, salvo em teores de fenol e em poucas amostras em alcalinidade de HCO<sub>3</sub>.

Com relação aos resultados das análises das águas nos piezômetros pode-se afirmar que as determinações dos parâmetros indicadores de poluição, confirmam a existência da mesma provocada pelo lixão, indústrias e atividades agro-pecuárias.

Somando esses novos dados aos resultados anteriores, verificou-se a possibilidade de poluição das águas subterrâneas na Região Administrativa 3, pelas indústrias, depósitos de rejeitos sólidos (lixo), despejos de esgotos municipais e áreas de atividades agro-pecuárias.

**BIBLIOGRAFIAS**

DAEE/TAHAL — Cons. Eng. Ltda/GEOPESQUISADORA BRASIL LTDA — Estudo de Águas Subterrâneas — Região Administrativa 6 — Ribeirão Preto — 1974.

DAEE/ENCO — Estudo de Águas Subterrâneas — Região Administrativa 3 — 1977.

CETESB-DAEE-ENCO — Projeto rio Paraíba — OS n.º 1 — fev. 1978.

CETESB-DAEE-ENCO — Projeto rio Paraíba — OS n.º 2 — maio 1978.

CETESB-DAEE-ENCO — Projeto rio Paraíba — Relatório de Andamento — OS n.º 3 — dezembro de 1978.

CETESB-DAEE-ENCO — Projeto Ribeirão Preto — Poluição do Recurso Água — Relatório de Andamento — OS n.º 1 — novembro de 1978.

CETESB-DAEE-ENCO — Projeto Ribeirão Preto — Poluição do Recurso Água — Relatório de Andamento — OS n.º 1 — R2 — fevereiro 1979.