Rev. IG, São Paulo, 2(2):5-16, jun./dez. 1981

SUGESTÕES PARA ESTUDO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO GRUPO BAURU; CONSIDERAÇÕES TECTÔNICAS.

PERCY CORRÊA VIEIRA*

RESUMO

Este trabalho tem por intuito sugerir novos processos para os estudos de captação de água subterrânea aplicáveis ao Grupo Bauru, o qual é excelente reservatório e cobre cerca de 42% do território do Estado.

A área objeto de atenção possui perto de 2950 quilômetros quadrados e situa-se entre os meridianos 49°30' e 50°00' W e aproximadamente os parelelos 20°45' e 21°30' S, pertencendo à margem direita do baixo Rio Tietê.

O Grupo Bauru, na região em foco, comporta-se como uma seqüência sedimentar sobrejacente aos derrames de basalto da Formação Serra Geral, os quais só afloram no extremo sudoeste. Na parte sul, já nas baixadas do Tietê, bem como nas calhas dos rios na parte central ocorrem depósitos quaternários restritos e pouco espessos, de quase nula influência no comportamento hidrogeológico global.

É proposto neste trabalho que os rios, São José dos Dourados, baixo Tietê, Aguapeí, do Peixe e Santo Anastácio constituem-se em alinhamentos estruturais, o que fica atestado entre outras coisas pelo comportamento da superfície basáltica, que é baixa nas calhas dos rios e alta nos espigões (São José dos Dourados e Tietê, extrapolado para Aguapeí, do Peixe e Santo Anastácio).

Conhecidos os dados humanos, climatológicos e técnicos relativos ao estudo de água subterrânea, manipular-se-ão os mapas apresentados de modo a encontrar-se o local para construção do poço tubular que melhor satisfaça às necessidades do interessado, bem como às condições de melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

ABSTRACT

The main scope of this paper is to improve the studies of underground water collection processes in order to set suggestions for the Bauru Group, which covers the Paraná basaltic flows as an independent aquifer.

The reported area spreads from 49°30' to 50°00' (longitude W) and 20°45' to 21°30' (latitude S) and is comprised of three geologic unities, as follows: on the base are the basaltic flows; above it comes the Bauru Group; on the top are lying the quaternary sediments.

The basaltic surface topographic map calls for a general dip from N-NE to S-SW, and it express structural alignments, within great "highs" and "lows". The Bauru aquifer isopach lines show increasing thichness to SW-NE, and no alignments are noticed, but we have thicker compartiments against thinner ones.

The watertable depends on the Bauru Group lithofacies variation. Acid water prevails on the majority of the wells (pH between 5,5 and 6,0) but some of them are brackish and depend on the carbonatic cement contents. The cistern hydrostatic level varies from few centimeters to tens of meters in depths measures and spring flows run from few to ten thousand liters per hour.

Finally, it seems that the São José dos Dourados, the low Tietê river course, the Peixe and Santo Anastácio rivers are closed to structural alignments.

INTRODUÇÃO

O estudo para captação de água subterrânea consiste de observações, análises e conclusões hidrogeológicas, sócio-econômicas e técnicas que objetivam situar o poço ou poços profundos nos locais mais adequados para captação em termos de aqüíferos, profundidade, vazão, qualidade da água, adução, etc.. Deve levar em consideração vários aspectos, como: situação e dimensões do local, relevo, necessidade de água, abastecimento atual, uso da água, geologia e hidrogeologia, dados climatológicos, prováveis caracterísiti-

Recebido para publicação em fevereiro de 1981.

* Geólogo — Pesquisador Científico — Seção de Estudos Geológicos — Instituto Geológico.

cas do poço (ou poços) a ser perfurado: local mais favorável à sua construção, cota da boca, profundidade, vazão e perfil geológico; finalmente as estimativas de custo e conclusões finais.

OBJETIVOS

O desenvolvimento do presente trabalho foi motivado por existir alguma precariedade na execução de estudos para captação de água subterrânea, muitas vezes em razão dos gastos e tempo demandados, bem como pela carência de dados disponíveis. É óbvio que um mau estudo leva a uma má captação, que por vezes torna-se antieconômica e predatória, quando não poluente.

Por outro lado, o Grupo Bauru é excelente reservatório de água subterrânea e além disso cobre cerca de 42% do território do Estado (aproximadamente 104200 Km2), bem como ocupa 150000 Km2 ao sul e leste de Mato Grosso do Sul, 35000 ao sul de Goiás e 25000 ao sudoeste de Minas Gerais, compondo um total de quase 315000 Km2 na Bacia do Paraná.

Por situar-se em região periodicamente assolada por verões com pouca chuva e invernos secos, esse Grupo constitui importante campo para pesquisa de recursos hídricos subterrâneos. No Estado de São Paulo sua importância como aqüífero só é menor que a da Formação Botucatu "sensu lato"; apresenta entretanto sobre esta a grande vantagem de exigir bem menor custo de extração de água, por sobrepor-se aos derrames basálticos, em contraposição à Formação Botucatu que só aflora em pequenas porções, sotopondo-se aos derrames na sua quase totalidade.

O Grupo Bauru, com exceção de pequenas regiões, comporta-se como um pacote sedimentar sobrejacente aos derrames de basalto da Formação Serra Geral. Em algumas partes ocorrem depósitos cenozóicos restritos e pouco espessos, de pequena atuação no comportamento hidrogeológico. Esse grupo atua como um "aqüífero" aflorante, de lençol freático livre, compondo zonas aqüíferas e assentado sobre um sobstrato cristalino ígneo, com o qual praticamente não tem relações hidrogeológicas, a não ser nos locais onde o topo basáltico é fraturado ou rico em vesículas. Isso se explica pelas diferenças de porosidade e permeabilidade entre os sedimentos do Grupo e os basaltos subjacentes, tornando o contato entre eles numa excelente zona de armazenamento.

Assim sendo afigura-se-nos bastante possível a proposição de normas aplicáveis a esse Grupo em todas as áreas nas quais ele apresenta esse comportamento espacial (boa espessura, caráter aflorante regional e assentamento sobre substrato cristalino), o qual corresponde à sua quase totalidade.

ÁREA TESTE E METODOLOGIA

A área objeto de atenção situa-se entre os meridianos 49°30' e 50°00' W e aproximadamente os pararelos 20°45' e 21°30' S (Anexo n.° 1). Trata-se de região pertencente à margem direita do baixo Rio Tietê, tendo por limite norte o espigão divisor com a Bacia do Rio São José dos Dourados e por limite sul o próprio canal do Rio Tietê, em grande parte extravasado pelas represas de Avanhandava e Promissão. Perfaz cerca de 2950 quilômetros quadrados. Os núcleos urbanos envolvidos, compreendendo sedes de municípios ou distritos são: Mirassol, Poloni, Itaiúba, Junqueira, Macaubal, Jaci, União Paulista, Nipoã, Ruilândia, Pirajá, Miraluz, Planalto, José Bonifácio, Nova Itapirema, Machados, Ubarana, Mendonça, Adolfo e Sales. Os municípios abrangidos, no todo ou em parte, são: Mirassol, Jaci, Neves Paulista, Nipoã, Monte Aprazível, Poloni, Macaubal, Jose Bonifácio, Planalto, Nova Aliança, Mendonça, Adolfo, Sales e União Paulista.

Entendido que a maior dificuldade na feitura de um estudo para captação de água subterrânea é o conhecimento da subsuperfície e que ele é básico para uma boa estimativa de profundidade e vazão do poço, concentramos nossa atenção no mesmo. Seguindo tanto quanto possível, o programa de estudo proposto por HACKETT (1962), realizamos:

I — Levantamento geológico da região, na escala de 1:50000 (folhas de: Sebastianópolis do Sul, Mirassol, Macaubal, Planalto, José Bonifácio, Avanhandava e Sabino) (vide mapas).

II — Cadastramento das cisternas e fontes, com a obtenção dos seguintes dados: cisternas (localização, profundidade do nível estático, salobridade, uso, pH, litologia), fontes (localização, vazão, salobridade, pH, uso, sistema de captação, litologia).

Com base nos dados acima citados foi construído o mapa de piezometria do aquífero freático, o qual representa as altitudes da superfície do lençol freático.

III — Cadastramento dos poços tubulares, com a obtenção dos seguintes dados (quando possível): 1 — Localização (local, mu-

nicípio, distrito, mapa, coordenadas, altitude, R.N.), 2 — Proprietário (nome, endereço), 3 — Construtor do poço (nome, endereço, data da construção, tipo de sonda), 4 — Características do poço (diâmetro de perfuração, profundidade, tipo de revestimento, diâmetro e profundidade do revestimento, filtros), 5 — Teste de bombeamento (data, duração, nível estático, nível dinâmico, vazão, sistema utilizado, pressão de arranque, pressão de regime, ar comprimido, rotação do compressor), 6 — Produção atual (vazão de produção, período de funcionamento, nível estático, nível dinâmico, surgência, sistema de bombeamento, capacidade, tipo de motor, potência), 7 — Uso dado à água, 8 — Qualidade da água (temperatura, gosto, cheiro, cor, análise, outros), 9 — Distância do poço mais próximo, 10 — Observações, 11 — Perfil geológico.

Com base nas vazões obtidas durante teste de vazão ou nas vazões de produção dos poços tubulares foi construído o mapa de vazões. Em virtude do desconhecimento da posição vertical dos pontos alimentadores de água e das porções mais saturadas, esse mapa representa a vazão em m^3/h a ser esperada por um poço não revestido, com diâmetro mínimo de seis polegadas, que atravesse toda a espessura do Grupo Bauru e aparelhado com equipamentos de extração tecnicamente bem adaptados. Isto por que a grande maioria dos poços possui esse diâmetro no mínimo, não apresenta revestimento até grandes profundidades e está isenta de filtros.

IV — Execução de sondagens geofísicas com a obtenção da espessura do Grupo Bauru e cota do topo do basalto.

Com base nos dados obtidos pelo cadastramento dos poços tubulares e pelas sondagens geofísicas, foram construídos os seguintes mapas: a) localização dos poços tubulares e sondagens elétricas: b) topografia do substrato hidrogeológico, que representa as altitudes da superfície do basalto e detecta a existência de alinhamentos e outras formas estruturais; c) isópacas do "aqüífero Bauru", que representa a variação de espessura do Grupo, fornecendo elementos para a sua conseqüente interpretação.

ASPECTOS FISIOGRÁFICOS E GEOLÓGICOS

A área enquadra-se no Planalto Ocidental de ALMEIDA ou Província Ecológica ABg de SETZER (apud MEZZALIRA, 1974), ou ainda Província Norte-Ocidental de MEZZALIRA (1974), que é caracterizada por verões quentes e longos, invernos secos, topografia suave, com relevo pouco movimentado de campos ondulados, configurando baixas e amplas colinas. Predominam processos desgastadores do relevo; os processos construtores de depósitos sedimentares atuam associados à calha do Rio Tietê e curso inferior de seus afluentes.

A Represa de Avanhandava, a sudoeste, causa pequeno alargamento do leito do Tietê, em distância de cerca de dezoito quilômetros, enquanto que a Barragem de Promissão, a montante, provoca ampla inundação, atingindo também as partes baixas dos afluentes desse rio e espraia-se para fora da área. Sua crista é de 390 metros.

As maiores altitudes situam-se no norte da área (no divisor de águas: Tietê-São José dos Dourados) e ultrapassam pouco os 550 metros, nas regiões de Jaci e Mirassol. O caimento topográfico faz-se suavemente no sentido de NE para SW, atingindo os 350 metros no Rio Tietê, a juzante da Represa de Avanhandava.

A área compõe-se de três unidades geológicas: na base, basaltos, aflorando em cerca de 7,5 quilômetros quadrados (0.25% da área total); no meio, o Grupo Bauru, aflorando em cerca de 2900 quilômetros quadrados (98,30% da área total) e no topo os sedimentos quaternários, aflorando em cerca de 42,5 quilômetros quadrados (1,45% da área total).

Devido ao profundo intemperismo químico que afeta as rochas, suas exposições estão geralmente alteradas ou recobertas por espessas camadas de solo, que dificultam o reconhecimento e identificação de inúmeros detalhes.

BASALTO

O Cretáceo final brasileiro certamente foi um tempo de intenso tectonismo em partes do escudo brasileiro, atestado pelos espessos e transgressivos pacotes sedimentares continentais. Os processos tectônicos anteriores e concomitantes com a sedimentação do Grupo Bauru determinaram um fraturamento e ajustamento do substrato basáltico na área em estudo, evidenciados pela conformação da superfície do mesmo, bastante irregular. A respeito diz FRANGIPANI (1964, pág. 69): "Do nosso ponto de vista devem existir tanto formas de relevo estruturais como morfológicas e os aspectos apresentados pela superfície superior do basalto derivam das duas".

O basalto aflora no extremo SW da área, na calha do Rio Tietê e à sua beira, na barragem de Avanhandava e a juzante dela. Sua cota máxima é de 360 metros. Apresenta alternância de porções compactas, com camadas subhorizontais centimétricas. É negro, fraturado, não vesicular. Na margem esquerda do Rio, WERNICK & SOUZA (1971) descrevem horizontes vesiculares.

O mapa da topografia do basalto (Anexo n.° 3), evidentemente não se refere ao último derrame, como talvez se pudesse pensar, mas à topografia resultante da interação de aspectos erosivos e estruturais sobre uma superfície provavelmente composta por mais de um derrame. De sua observação notam-se:

1.° — Tendência de mergulho do topo do basalto de N-NE para S-SW (mergulho esse concomitante com a tendência da topografia da superfície do Grupo Bauru).

O direcionamento SW para as paleocorrentes responsáveis pela deposição Bauru apresentada por ARID (1967, pág. 107, fig. 4) para a nossa área, confirma o declive geral do substrato basáltico, por nós constatado.

2.° — Existência de cinco alinhamentos estruturais de direção geral NE, sendo que dois (BB' e DD') caracterizam partes abaixadas e três (AA', CC' e EE'), partes levantadas. FRANGIPANI (1967) encontrou falha no basalto em poço perfurado em Nipoã, no alinhamento baixo DD'.

O alinhamento BB' passa no Salto de Avanhandava, enquanto que o AA' passa na Represa de Promissão. Esses fatos confirmam que o encaixoeiramento do Rio Tietê nessa área é fruto de fenômenos estruturais e só subordinadamente erosivos.

3.° — Existência de três grandes altos, um na região de Mendonça, alcançando 380 metros de altitude, prolongando-se para a Represa de Promissão, em inflexão para o sul, caindo para 370 metros; outro na região de Poloni, alcançando 400 metros e finalmente o mais proeminente deles, na região de Mirassol, alcançando 430 metros.

4.° — Existência de quatro grandes baixos, um na região NE, entre Ruilândia e Nova Itapirema, abrindo-se para leste, alcançando, na área, 350 metros de altitude; um segundo na região W, a oeste de Planalto, abrindo-se para sudoeste e alcançando na área, 330 metros; um terceiro no SW, passando pela barragem da Represa de Avanhandava, abrindo-se para o sul e alcançando na área, 350 metros; finalmente um quarto no SE, em Sales, abrindo-se para leste e alcançando, na área, 310 metros (é o mais baixo de todos).

5.° — Existência de um alinhamento alto de direção NW no espigão norte (divisor de águas com a Bacia do Rio São José dos Dourados) e de um alinhamento baixo também com essa direção, ao sul, na calha do Rio Tietê. (Por comparação com os anexos 84 e 85, do SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO, 1978, vol. 2).

Os dados acima expostos sugerem um sistema de fraturamento de direção geral NE com escalonamento ou basculamento de blocos. É muito pouco provável ser essa irregularidade do topo do basalto causada por erosão apenas, em virtude da existência de alinhamentos iso-direcionados, entretanto certamente houve cooperação da mesma e sem dúvida a rede de drenagem era caótica, com rios caminhando tanto para SW quanto para NE (isso mostrado no alinhamento BB' que apresenta um alto entre Machados e Ubarana). Esse comportamento da drenagem é próprio de região com derrames magmáticos.

Compondo-se o mapa da topografia do substrato basáltico por nós organizado, com os obtidos para a Bacia do Rio São José dos Dourados e margem direita do baixo Rio Tietê, a juzante de nossa área (SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO, 1978, vol. 2, anexos 84 e 85), nota-se que esse substrato mergulha para as calhas dos dois rios, apresentando posição mais alta no espigão divisor de águas e acompanhando a topografia atual. Isso é evidência inequívoca da existência de alinhamentos baixo-estruturais ao longo desses dois rios.

Analisando-se longitudinalmente o substrato basáltico da Bacia do Rio São José dos Dourados, nota-se uma tendência geral de mergulho para oeste; por outro lado, em verificações transversais, constata-se ligeira tendência de mergulho para o interior da bacia, em ambas as encostas (SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO, 1978, pág. 35).

Desse tipo de alinhamento na borda leste da Bacia do Paraná, perpendicular ao eixo dela, já falaram FÚLFARO (apud COIMBRA et alii, 1977), ASMUS (1978), ASMUS & FERRARI (1978) e muitos outros. COIMBRA et alii (1977) propõem a existência do alinhamento estrutural do Tietê, que na área em estudo dirige-se de NW para SE, estendendo-se pelo baixo curso do Rio Tietê até as proximidades de Ibitinga.

A existência de dois sistemas de falhamentos, um de direção NE e outro NW, já fora

confirmada por FRANGIPANI (1964), AMARAL (1977), e outros.

Conforme BARBOSA et alii (1970, pág. 83): "Como conseqüência da muito lenta subsidência que sofria a bacia Paraná abrem-se geoclases no seu embasamento e nas suas bordas permitindo o extravasamento das lavas toleíticas desse nome. Curiosamente, a direção predominante dessas geoclasses é 40° NW e em toda a borda oriental da bacia...". Isto leva-nos a supor que o aspecto topográfico do topo do basalto, com altos nos atuais espigões e baixos nas atuais calhas de rios de direção NW estaria relacionado com essas geoclases. Nessa suposição, os espigões seriam posições de geoclases e os rios atuais correriam em posições intermediárias, já que o topo da Formação Botucatu, subjacente aos basaltos não é plano, existindo um alinhamento alto estrutural que acompanha o atual leito do baixo Rio Tietê (SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA — 1976, págs. F-6 e F-7, mapa F-2.) Ainda o DAEE (1976, mapa F-3) mostra que o basalto é menos espesso ao longo da calha do baixo Rio Tietê, coincidindo com o acima citado alinhamento alto estrututal da Formação Botucatu. Esses dados deixam inequívoca a constatação de que o atual baixo curso do Rio Tietê constituía-se num alinhamento alto estrutural antes dos derrames basálticos. Os mapas em foco nada mostram com relação ao Rio São José dos Dourados, certamente devido à escala pequena e aos poucos dados existentes, entretanto afirmamos, com base nos dados do SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO (op. cit.) que esse Rio também constitui-se numa direção de alinhamento estrutural.

BRANDT NETO (1977) afirma que as curvas do embasamento basáltico obtidas por computador mostram a existência de um imenso paleovale em posição idêntica à do baixo Tietê, com decréscimo de cotas em direção ao Rio Paraná. ARID (1977) diz haver evidências de similar comportamento hidrográfico da Bacia Bauru com a atual Bacia do alto Paraná, que também apresenta fluxo geral para o sul.

Dados de poços tubulares construídos pelo INSTITUTO GEOLÓGICO na margem esquerda do baixo Rio Tietê mostram que o topo basáltico adquire maior altitute à medida em que se afasta do leito do rio. Desse modo, embora não dispondo de números comprovantes, sugerimos que os rios, Aguapeí, do Peixe e Santo Anastácio também se constituem em alinhamentos estruturais semelhantes. A esse respeito "o condicionamento do padrão de drenagem parece ser controlado pela estrutura tectônica dos basaltos, correndo os rios ao longo de falhas e sistemas de fraturamento" (SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 1976, pág. F-8).

O mapa de espessura do basalto (DAEE, op. cit.) poderia em parte explicar a tendência de acomodação das lavas às regiões baixas por força da gravidade. Cremos entretanto que melhor explicação seria a de que as geoclases situar-se-iam ao longo dos atuais espigões dos rios, o que faria com que os basaltos fossem aí mais espessos devido ao rápido resfriamento. De qualquer modo as linhas dos rios atuais seriam alinhamentos tectônicos com movimentação vertical de blocos e que durante a deposição Bauru poderiam constituir-se em pequenos altos estruturais, talvez devido ao abaixamento isostático por basculamento, das áreas com grande massa provinda das maiores espessuras de basalto. A esse respeito, COIMBRA et alii (op. cit.) propõem que o alinhamento do Rio Tietê foi ativo como sela durante a deposição Bauru, separando duas sub-bacias.

GRUPO BAURU

Em 1905 GONZAGA DE CAMPOS propôs o "GRÊS DE BAURU". Esse Grupo vem sendo estudado por inúmeros pesquisadores, embora com alguma intermitência. Assim sendo, sob os aspectos, litológico, estratigráfico, ambiental e/ou tectônico, destacaríamos os trabalhos de: WASHBURNE (1930), FREITAS (1951, 1955 e 1964), ALMEIDA & BARBOSA (1953), BRAJNIKOV (1953), HASUI (1967), ARID (1967, 1973 e 1977), BARBOSA et alii (1970), BJORNBERG et alii (1970), ARID & AMARAL (1971), ARID & VIZOTTO (1971), GROSSI SAD et alii (1971), SUGUIO (1973), MEZZALIRA (1974), SUGUIO et alii (1975), COIMBRA (1976), AMARAL (1977), BARCHA & ARID (1977), BRANDT NETO (1977), COIMBRA et alii (1977), PETRI (1977), SUGUIO et alii (1977), BRANDT NETO, COIMBRA, MATO (1978), BRANDT NETO, PETRI, COIMBRA (1978), DAVINO (1979), FÚLFARO (1979), SOARES et alii (1979), ALMEIDA et alii (1980), BARCHA (1980), SOARES et alii (1980), SUGUIO et alii (1980) e muitos outros (alguns desses trabalhos não abordam o Grupo Bauru com exclusividade).

Este autor considera como Grupo Bauru toda a espessura sedimentada no Cretáceo, após os últimos derrames de lavas basálticas,

contendo pois a Formação Caiuá e a sobrejacente até então chamada Formação Bauru. As razoẽs para isso fogem ao escopo deste trabalho, que não tem caráter estratigráfico.

Litologia

Em afloramentos a predominância absoluta na área objeto deste trabalho é de arenitos com grã muito fina a fina, por vezes média, com grãos de quartzo angulosos a subangulosos, matriz argilosa e geralmente desprovidos de cimento calcífero. As cores predominantes a seco são o amarelo, o cinza e o creme, com tons de verde, branco e marrom. As estratificações são em geral subhorizontais, de possança milimétrica a centimétrica, raramente cruzadas. Muito encontrados são os termos compactos, fraturados, por vezes friáveis. Em alguns locais há alternância entre porções estratificadas e maciças. Aparecem poucos máficos, às vezes constituindo lâminas. Freqüentemente há a presença de níveis com concentração de canga limonítica, em blocos ou em nódulos milimétricos a centimétricos, cuja concentração fica facilitada pela decomposição intempérica da rocha ou pela percolação de soluções em fraturas e planos de acamamento. Outras estruturas, como pequenas dobras, marcas de onda e diastemas são raramente encontradas. Também estão raramente presentes as lentes ou pelotas de argila.

Em subsuperfície, temos na área dados detalhados apenas dos dois poços perfurados pelo INSTITUTO GEOLÓGICO em Nipoã. A predominância é de arenitos de grã média, ora grossa, ora fina, quase sempre com cimento calcífero. Na maioria das vezes há ausência de estratificação; quando ela aparece, geralmente é horizontal, mas há também termos com estratificação cruzada. Ocorrem em vários níveis lentes de argilito que se tornam mais freqüentes nas posições inferiores. Estão citados oólitos e veios de calcita. As cores predominantes são o cinza e o marrom.

BARCHA & ARID (1977) assinalam laminação cruzada por migração de marcas onduladas de dimensões de poucos centímetros, em testemunho de sondagem de poço semiartesiano da cidade de Planalto, entendida como associada a ambiente de baixa energia. Assinalam também marcas de onda de dimensões centimétricas em testemunho de sondagem na cidade de Mirassol; a textura é fina, com altos teores de silte e argila.

Existe homogeneidade litológica, como lembrado por BRANDT NETO; COIMBRA; MATO (1978).

Concordando com o já enfocado por vários autores, nota-se enriquecimento de cimento calcífero em subsuperfície, o que, também, como já por eles lembrado, deve-se à perda do carbonato por lixiviação causada por águas vadosas percolantes na zona de intemperismo.

Conforme BRANDT NETO (1977) e BRANDT NETO; PETRI; COIMBRA (1978), existem na região dois membros, o Inferior, na base, com a Litofácies Arenitos Vermelhos e a Litofácies Síltica e o Médio, no topo, com a Litofácies de Arenitos com Estruturas Sedimentares e a Litofácies Arenitos Maciços. Este membro corresponde à Formação Adamantina de SOARES et alii (1980).

Espessura

O mapa das isópacas do "aqüífero Bauru" (Anexo n.° 4) mostra os seguintes aspectos:

1.° — Tendência geral de aumento de espessura no sentido de SW para NE.

2.° — Na parte sul da área, tendência para espessamento de W para E, a partir da barragem de Promissão.

3.° — Caráter tranqüilo no espessamento (aumentos e diminuições a pequenos gradientes).

4.° — Inexistência de alinhamentos estruturais de grande expressão.

5.° — Existência de quatro porções mais espessas, uma a NW de Planalto, com 100 metros de espessura; outra a leste de Nova Itapirema, também com 100 metros (embora esteja dentro do contexto geral); uma terceira em Poloni, com 125 metros e a quarta em Mirassol, também com 125 metros.

6.° — Existência de duas porções menos espessas, fechadas, uma ao norte de Nipoã e outra ao norte de Nova Itapirema, ambas com 75 metros de espessura.

7.° — Existência de quatro alinhamentos de direção geral NE, sendo que dois (AA' e CC') caracterizam partes menos espessas, enquanto que outros dois (BB' e DD') caracterizam partes mais espessas.

SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

Esses sedimentos formam depósitos restritos e associados à calha do Rio Tietê e seus afluentes, nas partes central e sul. São de quase nula expressão hidrogeológica, quer pela diminuta extensão, quer pela pequena espessura, que não ultrapassa poucas unidades de metro. Constituem-se essencialmente

de areias, argilas de cores amarela e branca e camadas de cascalhos compostas de seixos de quartzo. Estão subordinados à evolução da rede hidrográfica durante o Quarternário, aparecendo geralmente em talvegues de rios ou baixios. Para BRANDT NETO et alii (1977), existem depósitos rudáceos cenozóicos mais antigos que o Recente, formando terraços ao longo do baixo Tietê.

Paredões de meia dezena de metros de altura, no Salto do Avanhandava, formados por basaltos, atuam como soleiras, causando a formação de depósitos de planície de inundação (BRANDT NETO, 1977).

CONSIDERAÇÕES TECTÔNICAS SOBRE A SEDIMENTAÇÃO

Na comparação dos dados numéricos de altitudes da superfície do basalto, isópacas do Grupo Bauru e topografia do terreno, é admissível em alguns pontos uma não coincidência vertical de até 30 metros, o que significa erro inferior a 10%.

Comparando-se esses três dados observa-se que:

1.° — Existe coincidência entre o mergulho geral da superfície do topo do basalto, afinamento do Grupo Bauru e caimento topográfico (exceção na porção SE da área, onde o mergulho do basalto, que é também para SE, coincide com um espessamento do Grupo Bauru, o qual tem sentido de W para E).

2.° — Os alinhamentos estruturais NE existentes no substrato basáltico não têm reflexos bem definidos na espessura do Grupo Bauru.

3.° — Não existe boa coincidência entre os três grandes altos e os quatro grandes baixos do substrato basáltico com as quatro porções mais espessas e as duas porções menos espessas do Grupo Bauru.

Compondo-se nosso mapa de isópacas com os obtidos por SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO (1978, 2.° vol., anexos 82 e 83) para a Bacia do Rio São José dos Dourados e margem direita do Rio Tietê (a jusante de nossa área), nota-se que o Grupo é menos espesso nas calhas desses rios e mais espesso no espigão divisor de águas; esse fato poderia ser explicado apenas por erosão moderna, entretanto parece-nos muito razoável a hipótese de COIMBRA et alii (op. cit.) sobre o alinhamento estrutural do Rio Tietê, já que essa hipótese justificaria a menor espessura dos sedimentos na atual calha desse rio.

O exposto leva-nos a concluir que:

1.° — Certamente a deposição Bauru, tendo-se dado sobre uma superfície irregular, determinou a constituição de um pacote ora mais, ora menos espesso, já no início da sedimentação, podendo até ter formado porções segmentadas, preenchendo as partes baixas. As partes altas basálticas foram erodidas (mesmo que parcialmente) permitindo a constituição dos conglomerados basais nas partes menos elevadas (não encontrados em nossa área).

2.° — Os cinco alinhamentos estruturais detectados na superfície basáltica são anteriores à deposição Bauru.

3.° — Concomitantemente com a sedimentação houve pequena reativação tectônica com mesma direção geral (LEINZ, 1949, admite esse rejuvenescimento segundo linhas pré estabelecidas). Essa reativação, em termos de verticalidade, causou erosões em alguns locais (diastemas), com sedimentação mais enérgica em outros, formando conglomerados intraformacionais.

4.° — Esse aspecto tectônico viu-se complicado pela reativação de antigos alinhamentos de direção E-W (ASMUS, 1978), ASMUS & FERRARI (1978).

5.° — O basalto mostra-se topograficamente mais alto no espigão por uma (ou mais) das seguintes possibilidades: a) o espigão seria uma linha de alimentação dos derrames (geóclase) e por força do aumento da viscosidade e cristalização por resfriamento, os derrames seriam mais espessos nessa linha; b) uma drenagem pré-Bauru, coincidente em direcionamento com a atual teria erodido os basaltos em maior escala ao longo dos atuais rios, São José dos Dourados e baixo Tietê; c) uma movimentação tectônica posterior aos derrames e direcionada pelos alinhamentos do Rio São José dos Dourados e baixo Tietê teria basculado blocos, mergulhando-os para esses atuais dois rios (nesse caso o espigão divisor de águas seria também um alinhamento de fraturas).

HIDROGEOLOGIA

O aspecto hidrogeológico do Grupo Bauru tem sido exaustivamente estudado por vários autores, nas mais diversas regiões de sua ocorrência; poderíamos destacar: BRAJNIKOV (1953), FREITAS (1955), LEINZ & SALLENTIEN (1962), DURANTE et alii (1965), MEZZALIRA (1967, 1974 e 1976), FRANGIPANI (1967), ARID (1967), ARID et alii (1970), SÃO PAULO, INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (1970),

ARID & BARCHA (1973), DAVINO et alii (1974), REBOUÇAS (1976), SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (1976), MEZZALIRA & TORRES (1977), SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO (1978), MEZZALIRA et alii (1979a), MEZZALIRA et alii (1979b), DAVINO (1979 e 1980), ROCHA et alii (1979), CARVALHO (1980) e BARCHA (1980).

Conforme REBOUÇAS (1976) e ROCHA et alii (1979), esse Grupo comporta-se como um sistema hidrogeológico; atua como um pacote sedimentar aflorante, geralmente de lençol freático livre, compondo zonas aqüíferas e assentado sobre um substrato cristalino ígneo, com o qual praticamente não tem relações hidrogeológicas, a não ser nos locais onde o topo basáltico é fraturado ou rico em vesículas.

Em virtude da extrema variação faciológico-litológica, colocando em contato litologias de diferentes porosidades e permeabilidades, a utilização da expressão "aqüífero Bauru" nem sempre é adequada, já que em muitas de suas porções esse Grupo apresenta mais de um aqüífero, ou autênticos aqüicludes. Tal se dá por exemplo quando um arenito fica confinado entre argilitos e calcários, quer por contato sedimentar, quer por falhamento, constituindo o chamado aqüífero suspenso. A área em estudo não foge a essa regra geral.

CARVALHO (1980) admite a possibilidade de que as grandes variações de vazões desse Grupo decorram de um fluxo de água ascendente, procedente da Formação Botucatu, armazenada sob certa pressão, através de linhas de fraturamento constatadas ao longo do basalto subjacente.

O posicionamento espacial do substrato basáltico e dos sedimentos sobrepostos a ele sugere, na área em estudo, uma movimentação geral da água subterrânea no sentido de NE para SW, com descarga logicamente fazendo-se para a drenagem, culminando no Rio Tietê. Desse modo, a maior parte da infiltração de águas pluviais que chega ao aqüífero como recarga, volta a sair do solo como escoamento de base dos rios, num ciclo anual. A maioria dos poços sofre de forma marcante e imediata, os efeitos das variações pluviométricas ou do regime de exploração.

Concordamos com ARID & BARCHA (1973), MEZZALIRA, et alii (1979a) e ARID et alii (1970), de que os poços do Grupo Bauru que têm apresentado melhor vazão são os que param no contato com o basalto subjacente. Isso em parte é devido à quase impermeabilidade desse substrato quando desprovido de fraturas e vesículas, mas na área em estudo é contribuinte a presença em muitos locais, de baixos estruturais, criados pela ação tectônico-estrutural causadora de falhamentos em blocos, baixos esses que constituem-se em estruturas geológicas favoráveis.

O mapa de vazões (Anexo n.° 6) mostra a existência de: 1.° — vazões menores a pequenas espessuras (até cerca de 7 m^3/h com 70 metros de espessura), 2.° — grande variação de vazões a partir dos 100 metros de espessura (de 6 a 25 m^3/h com espessura de 100 metros e de 7 a 22 m^3/h com espessura de 125 metros), 3.° — vazões maiores pouco freqüentes.

Esse mapa lida com um parâmetro variável, que é a vazão e, por conseqüência, sua utilização deve ser cuidadosa. Também nem sempre os poços construídos por empresas particulares apresentam as melhores condições técnicas. Por estas razões entendemos que os dados ora apresentados precisam ser periodicamente atualizados e também é importante um maior detalhamento, que poderá ser feito à medida em que novos poços forem sendo perfurados. Assim sendo, os números não representam valores rígidos, mas dados indicativos do que mais provavelmente se poderá esperar em termos de vazão.

O lençol freático, estudado através de cisternas, fontes e rios (Anexo n.° 5), mostra que em vários locais interliga-se com a água mais profunda. Outro aspecto que deve ser ressaltado é do que às vezes esse lençol não se apresenta contínuo, sendo bruscamente interrompido, colocando lado a lado cisternas com níveis estáticos díspares. De modo geral ele acompanha o relevo, geralmente a pequena profundidade, de tal modo que os divisores de águas subterrâneas e superficiais praticamente coincidem.

Predominam águas pouco ácidas, com pH variando entre 4,5 e 7, com domínio de valores por volta de 5,5 a 6,0. Não foram encontradas águas alcalinas. Quanto à salobridade, predominam as águas normais a pouco salobras. A variação periódica verificada, da acidez e da salobridade, parece estar ligada à utilização e escoamento dessas águas, naturalmente pela contaminação dos cimentos carbonáticos. Por sua vez a variação regional dessas grandezas estaria ligada à maior ou menor presença desses cimentos. Note-se que invariavelmente as águas de cisternas são mais salobras que as das fontes. Indiscutivelmente a percolação das águas pelos

poros das rochas com cimento carbonático apressa a dissolução do mesmo (FREITAS, 1955), e é por esta razão que as águas das fontes são menos salobras que as das cisternas. Estas, por sua vez, apresentam salobridade variável, dependendo em parte da maior ou menor velocidade da água no lençol freático e subsidiariamente das quantidades extraídas.

Os níveis estáticos das cisternas são extremamente variáveis, indo desde menos de um metro até poucas dezenas deles em profundidade, predominando os níveis entre três a dez metros. As vazões das fontes também variam muito, indo desde poucas centenas até perto de dez mil litros por hora, predominando as vazões entre mil e três mil. Esses valores variam também sazonalmente.

UTILIZAÇÃO DOS MAPAS

Conhecidos os dados humanos, climatológicos e técnicos relativos ao estudo de água subterrânea, manipular-se-ão os mapas anexos, de modo a encontrar-se o local para construção do poço tubular que melhor satisfaça às necessidades e disponibilidades do interessado, bem como às condições hidrogeológicas e de preservação da água subterrânea. Cada ponto escolhido na superfície corresponderá a um determinado conjunto de: altitude, geologia de superfície, altitude do basalto subjacente, espessura do Grupo Bauru, altitude do lençol freático e vazão esperada.

Em virtude da pequena escala dos mapas, torna-se necessária, em aditamento, a utilização de mapa topográfico de maior escala e são suficientes as folhas 1:50000 do Estado editadas por IGG e IBGE.

Para testar a validade do proposto, vamos lembrar que em 1980, o INSTITUTO GEOLÓGICO concluiu a construção de seu segundo poço tubular na cidade de Nipoã. No presente trabalho não foram utilizados os dados obtidos por esse poço, já que nossos mapas foram compostos anteriormente. (Ele está agora cadastrado sob o n.º 533).

A espessura do Grupo Bauru é de 79 metros, portanto dentro do proposto pelo mapa de isópacas (Anexo n.º 4), que no local apresenta curva de 75 metros, obtida por poço tubular anterior e sondagem elétrica. A altitude do substrato balsáltico, de 376 metros, está de acordo com o valor constante do mapa (Anexo n.º 3), que é de 365 metros, dentro portanto do limite de erro lembrado oportunamente. O nível estático, de 15,28 metros também é confirmado pelo mapa de piezometria do lençol freático (Anexo n.º 5).

Particular discussão é merecível acerca da vazão obtida. O poço, com 234 metros de profundidade, perfurou 79 em sedimentos e 155 em basaltos. Assim a vazão é um misto da fornecida pelo Grupo Bauru e pelos derrames. A vazão máxima provável de 8 metros cúbicos por hora, que apresentamos para essa área refere-se exclusivamente à fornecida pelo Grupo Bauru. A vazão final do poço, obtida após quinze horas de bombeamento foi de 4,15 m^3/h. O primeiro injetor, à profundidade de 80 metros, que é coincidente com a base do Grupo Bauru, forneceu vazão de 10 m^3/h, com nível dinâmico de menos de 40 metros, após quase uma hora de teste. Nesse instante foi acionado o segundo injetor, à profundidade de 140 metros, com o que a vazão chegou até os 26 m^3/h, depois de meia hora, caindo seqüentemente até os 4,15 no final do teste, apresentando nível dinâmico de 93,50 metros. Esses dados pois não se contrapõem à nossa proposição provável de vazão, já que tudo indica que o substrato causou diminuição na que seria obtida se o furo parasse no contato. Note-se que o basalto é todo fraturado e amigdaloidal.

Do mesmo modo, em 1977 e 1978, o INSTITUTO GEOLÓGICO concluiu a construção dos poços agora cadastrados sob os números 534 e 532, respectivamente em Itaiúba e Junqueira. Os dados por eles fornecidos (não utilizados na composição dos mapas) corroboram nossas proposições.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1.ª — Os estudos para captação de água subterrânea têm mostrado alguma precariedade, em função de gastos e tempo demandados e principalmente pela carência de dados disponíveis.

2.ª — O Grupo Bauru atua como um "aqüífero" aflorante, de lençol freático livre e assentado sobre um substrato cristalino ígneo, com o qual praticamente nao tem relações hidrogeológicas, a não ser nos locais onde o topo balsático é fraturado ou rico em vesículas. Fazem exceção a essa regra geral os poucos locais onde o Grupo se assenta sobre os arenitos das formações, Botucatu, Pirambóia e Serra Geral, bem como sobre a Formação Uberaba, lembrando também que em pequenas porções a leste, no Estado de Minas Gerais, o substrato é metamórfico e não ígneo, o que não altera as propriedades hidrogeológicas.

3.ª — A presente pesquisa não objetivou fazer um levantamento completo dos recursos hídricos subterrâneos da área enfocada,

embora os dados que apresenta sejam úteis ao mesmo; seu desenvolvimento restringe-se aos aspectos hidrogeológicos de um estudo para captação de água subterrânea.

4.ª — A superfície do topo basáltico apresenta tendência de mergulho de N-NE para S-SW, bem como alinhamentos estruturais de direção geral NE e existência de grandes altos e grandes baixos, conformando uma superfície irregular e fraturada.

5.ª — Os dados apresentados e os da bibliografia mostram que os rios, São José dos Dourados, baixo Tietê, Aguapeí, do Peixe e Santo Anastácio correm ao longo de alinhamentos estruturais de direção geral NW-W, compondo estruturas menores, subsidiárias às dos alinhamentos dos rios, Grande e Paranapanema, de direção geral E-W, que marcam os limites norte e sul respectivamente de um bloco desta porção do sul-sudeste brasileiro.

6.ª — Na área estudada, o Grupo Bauru apresenta como tipos litológicos predominantes, os arenitos de grã fina a muito fina, ora média a grossa.

7.ª — As espessuras do Grupo Bauru mostram tendência geral de aumento no sentido de SW para NE; tendência para espessamento de W para E na porção sul da área; caráter tranqüilo no espessamento; inexistência de alinhamentos estruturais de grande expressão; existência de porções mais espessas e porções menos espessas e existência de alinhamentos de direção geral NE, caracterizando partes mais espessas e partes menos espessas.

8.ª — Os sedimentos quaternários estão associados à calha do Rio Tietê e seus afluentes, sendo de quase nula expressão hidrogeológica, quer pela diminuta extensão, quer pela pequena espessura.

9.ª — O Grupo Bauru constitui-se em ótimo reservatório de água subterrânea, embora o seu comportamento hidrogeológico seja muito variável, devido à extrema variação faciológica. Sua produtividade aumenta à medida em que a perfuração atinge a lapa basáltica, que funciona como substrato impermeável.

10.ª — As vazões dos poços tubulares são menores a pequena profundidade, ocorrendo grande variação a partir dos cem metros de profundidade. Porções com vazões superiores a 25 m^3/h são poucos freqüentes. Isto significa dizer que nas regiões onde a espessura do Bauru é pequena, as vazões são também pequenas, aumentando à medida em que a espessura aumenta, mas ao mesmo tempo deixando o caráter de uniformidade, para apresentar grande variação.

11.ª — O lençol freático é grandemente influenciado pela sazonalidade climática; em muitos pontos interliga-se com a água mais profunda; mostra aspecto descontínuo onde a variação faciológica dos sedimentos é grande, contém águas ligeiramente ácidas; predominam as águas normais a pouco salobras e são influenciadas pelo cimento carbonático. Os níveis estáticos das cisternas e as vazões das fontes são bastante variáveis.

RELAÇÃO DE MAPAS

Anexo n.º 1 — Situação
Anexo n.º 2 — Poços tubulares e sondagens elétricas
Anexo n.º 3 — Topografia do substrato hidrogeológico (basalto)
Anexo n.º 4 — Isópacas do "aqüífero Bauru"
Anexo n.º 5 — Piezometria do aqüífero freático
Anexo n.º 6 — Vazões

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus mais sinceros agradecimentos aos Drs. Sérgio Mezzalira e Ruy Osório de Freitas, ainda também ao geógrafo Manoel Carlos de Oliveira, pela revisão do texto, críticas e sugestões, bem como aos geólogos: Antonio Carlos Verdiani, Carlos de Carvalho Torres, Edgard Pierre Marcello, Geraldo Hideo Oda e Hermínio Euclides Franchim, que participaram dos levantamentos de campo.

ANEXO nº 1

SITUAÇÃO

50° 00'
49° 30'
20° 45'
21° 30'

Rio Grande
Rio Paraná
Rio São José dos Dourados
Rio Tietê
Rio Aguapeí
Rio do Peixe

Santa Fé do Sul
Fernandópolis
Pereira Barreto
Araçatuba
Dracena
Marília
São José do Rio Preto
Novo Horizonte

Itaiúba
Macaubal
Poloni
Mirassol
Junqueira
Jaci
Nipoã
Miraluz
Ruilândia
Planalto
Machados
José Bonifácio
Nova Itapirema
Ubarana
Mendonça
Salto do Avanhandava
Adolfo
Sales
USINA DE PROMISSÃO

0 10 20 30 40 50 km

FOLHAS TOPOGRÁFICAS
1 : 50 000

(53) Sebastianópolis do Sul
22-XA-VI-1

(72) Macaubal
22-XA-VI-3

(73) Mirassol
22-XA-VI-4

(92) Planalto
22-XC-III-1

(93) José Bonifácio
22-XC-III-2

(112) Avanhandava
22-XC-III-3

(113) Sabino
22-XC-III-4

ANEXO nº 2

SECRETARIA DA AGRICULTURA

COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS

INSTITUTO GEOLÓGICO

POÇOS TUBULARES E SONDAGENS ELÉTRICAS

BACIA DO BAIXO RIO TIETÊ (Margem direita)

0 1 2 4 6 8 10

QUILÔMETROS

1979

CONVENÇÕES

CENOZÓICO — Areias, Argilas e cascalhos

CRETÁCEO — Grupo Bauru: arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados

JURO-CRETÁCEO — Formação Serra Geral Basaltos

Represa de Promissão cota: 390m

Limite da Bacia Hidrográfica

Curva de Nível Topográfico

Contato Litológico

35 Poço Tubular com número de cadastro

MAC-1 Sondagem elétrica com sigla de cadastro

20°30' 50°00' — 20°30' 49°45' — 20°30 49°30' — 20°45' 49°30'

Rio Barbosa — Rio Santo Inácio — Rio Feio — Rio Aguapeí — Rio Tietê — Rib. da Barra Grande — Rib. do Boa Vista dos Castilhos — Rib. da Corredeira ou do Serrado

MACAUBAL — Junqueira — COLONIA — MIRASSOL — UNIÃO PAULISTA — IPOÃ — Pirapó — Ruilândia — Miraluz — PLANALTO — JOSÉ BONIFÁCIO — Nova Itapirema — Machados — Ubarana — MENDONÇA — ADOLFO — SALES — Barra Grande

MAC-1 — NIP-1 — JACI-1 — NEVE-1 — MIR-1

21°15' 50°00' — 21°15' 49°30' — 21°30' 49°30'

ANEXO nº 3

SECRETARIA DA AGRICULTURA

COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS

INSTITUTO GEOLÓGICO

TOPOGRAFIA DO SUBSTRATO HIDROGEOLÓGICO (BASALTO)

BACIA DO BAIXO RIO TIETÊ (Margem direita)

0 1 2 4 6 8 10

QUILÔMETROS

1979

CONVENÇÕES

CENOZÓICO — Areias, Argilas e cascalhos

CRETÁCEO — Grupo Bauru: arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados

JURO-CRETÁCEO — Formação Serra Geral Basaltos

Represa de Promissão cristal: 390m

Limite da Bacia Hidrográfica

Curva de Nível Topográfico

Contato Litológico

Curva de Nível do Topo do Basalto

Alinhamento estrutural

Poço Tubular Sondagem Elétrica

20°30' 49°45' 20°30' 49°30' 20°45' 49°30' 21°15' 50°00' 21°15' 49°30' 21°30' 49°30'

IMACAUBAL · POLONI · Junqueira · MIRASSOL · UNIÃO PAULISTA · NIPOÃ · Pirajá · Miralua · Ruilândia · JACI · PLANALTO · Machados · Ribeirão do Boa Vista · Rib. dita Corredeira ou do Serrado · JOSÉ BONIFÁCIO · Novo Itapirema · Ubarana · MENDONÇA · ADOLFO · Barragem · REPRESA DE PROMISSÃO · SALES · Itaiúba · Costinha

A A' B B' C C' D D' E E'

ANEXO nº 4

SECRETARIA DA AGRICULTURA

COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS

INSTITUTO GEOLÓGICO

ISÓPACAS DO "AQÜÍFERO BAURU"

BACIA DO BAIXO RIO TIETÊ (Margem direita)

0 1 2 4 6 8 10

QUILÔMETROS

1979

CONVENÇÕES

CENOZÓICO — Areias, Argilas e cascalhos

CRETÁCEO — Grupo Bauru: arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados

JURO-CRETÁCEO — Formação Serra Geral Basaltos

Represa de Promissão cristal: 390m

Limite da Bacia Hidrográfica

Curva de Nível Topográfico

Contato Litológico

Curva de iguais espessuras do Grupo Bauru

Alinhamento de espessuras

Poço Tubular Sondagem Elétrica

Itaiúba

MACAUBAL

Junqueira

POLONI

MIRASSOL

UNIÃO PAULISTA

NIPOÃ

JACI

Ruilândia

Pirajá

Miralaz

Rib. da Barra Grande

PLANALTO

Ribeirão da Boa Vista dos Cotrins

JOSÉ BONIFÁCIO

Nova Itapirema

Machados

Rib. da Corredeira ou do Serrado

Ubarana

MENDONÇA

ADOLFO

Barragem

REPRESA DE PROMISSÃO

SALES

A

B

C

D

B'

C'

D'

20°30'

49°45'

21°15'

50°00'

49°30'

21°30'

ANEXO nº 5

SECRETARIA DA AGRICULTURA

COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS

INSTITUTO GEOLÓGICO

PIEZOMETRIA DO AQÜÍFERO FREÁTICO

BACIA DO BAIXO RIO TIETÊ (Margem direita)

0 1 2 4 6 8 10

QUILÔMETROS

1979

CONVENÇÕES

CENOZÓICO — Areias, Argilas e cascalhos

CRETÁCEO — Grupo Bauru: arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados

JURO-CRETÁCEO — Formação Serra Geral Basaltos

Represa de Promissão cota: 390 m

Limite da Bacia Hidrográfica

Curva de Nível Topográfico

Contato Litológico

cisterna

Fonte não captada

Fonte captada

Curva de pontos de igual cota do Lençol Freático

ITAIÚBA
MACAUBAL
POLONI
Junqueira
MIRASSOL
UNIÃO PAULISTA
NIPOÃ
JACI
Pirajá
Ruilândia
Miraluz
Rib. da Barra Grande
PLANALTO
JOSÉ BONIFÁCIO
Ribeirão do Boa Vista
Ribeirão da Cachoeira ou do Serrado
Machados
Nova Itapirema
Ubarana
MENDONÇA
ADOLFO
Barramento
REPRESA DE PROMISSÃO
SALES

20°30' 50°00'
20°30' 49°45'
20°45' 49°30'
21°15' 50°00'
21°15' 49°30'
21°30' 49°30'

ANEXO nº 6

SECRETARIA DA AGRICULTURA

COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS

INSTITUTO GEOLÓGICO

VAZÕES
(m^3/h)
BACIA DO BAIXO RIO TIETÊ (Margem direita)

0 1 2 4 6 8 10

QUILÔMETROS

1979

CENOZÓICO — Areias, Argilas e cascalhos

CRETÁCEO — Grupo Bauru: arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados

JURO-CRETÁCEO — Formação Serra Geral Basaltos

Represa de Promissão cota: 390 m

Limite da Bacia Hidrográfica

Curva de Nível Topográfico

Contato Litológico

8,0 — Áreas de Pontos de igual vazão

Poço Tubular

20°30' 49°45'

20°30' 49°30'

20°45' 49°30'

21°15' 49°30'

21°30' 49°30'

21°15' 50°00'

ITAIÚBA
MACAUBAL
POLONI
Junqueira
UNIÃO PAULISTA
NIPOÃ
MIRASSOL
JACI
Ruilândia
Piratojá
Miraluz
PLANALTO
JOSÉ BONIFÁCIO
Nova Itapirema
Machados
Ubarana
MENDONÇA
ADOLFO
SALES
Barragem
REPRESA DE PROMISSÃO
Ribeirão da Boa Vista dos Castilhos
Ribeirão da Corredeira ou do Serrado
Córrego da Barra Grande

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F.F.M.; BARBOSA, O. — 1953 — Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia. 96p. (Boletim, 143)

ALMEIDA, M.A. et alii — 1980 — Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31.°, Camboriú, SC. Anais. Camboriú, SC. Sociedade Brasileira de Geologia, v.5 p.2799-2812.

AMARAL, G — 1977 — Padrões fotogeológicos dos litofácies da Formação Bauru no Estado de São Paulo, como observados em imagens Landsat. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1.°, São Paulo. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p.439-449.

ARID, F.M. — 1967 — A Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. São José do Rio Preto, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. 126p. (Geociências, 1)

_____ — 1973 — Comportamento espacial da Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, **3** (1): 23-35.

_____ — 1977 — Paleogeographical evidences from Bauru basin; Upper Cretaceos of southern Brazil. Naturalia: Rev. de Cienc., São José do Rio Preto, **3**: 7-14.

_____; AMARAL, G. — 1971 — "Trend surface analysis", aplicado ao estudo da Formação Bauru, no noroeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25.°, São Paulo. Resumo das comunicações. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p.113 (Boletim especial, 1)

_____; BARCHA, S.F. — 1973 — Água subterrânea na Formação Bauru, região norte-ocidental do Estado de São Paulo. Bol. de Ciências, São José do Rio Preto, (1): 67-101.

_____: CASTRO, P.R.M.; BARCHA, S.F. — 1970 — Estudos hidrogeológicos no município de São José do Rio Preto, SP. Bol. Soc. Bras. de Geol., São Paulo, **19** (1): 43-69.

_____; VIZOTTO, L.D. — 1971 — Traços paleogeográficos e paleobiológicos do Cretáceo superior da região norte-ocidental do Estado de São Paulo. Ciência e Cultura, São Paulo, **23** (3): 229-236.

ASMUS, H.E. — 1978 — Hipóteses sobre a origem dos sistemas de zonas de fratura oceânica; alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões sudeste e sul do Brasil. In: PETROBRÁS. CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro. p.39-73 (Série Projeto Remac, 4).

_____; FERRARI, A.L. — 1978 — Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil. In: PETROBRÁS. CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro. p.75-88. (Série Projeto Remac, 4)

BARBOSA,O. et. alii — 1970 — Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento. 140p. (Boletim, 136)

BARCHA, S.F. — 1980 — Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da Formação Bauru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. São José do Rio Preto, UNESP, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. /Tese — livre docência/

BARCHA, S.F.; ARID, F.M. — 1977 — Parâmetros granulométricos de estruturas sedimentares e interpretação do ambiente dinâmico da Formação Bauru (km) Naturalia: Rev. de Ciên., São José do Rio Preto, **3**: 15-34.

BJORNBERG, A.J.S.; LANDIM, P.M.B.; BÓSIO, N.J. — 1970 — Observações sobre a deposição do sedimento Bauru na região centro-ocidental do Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras. de Geol., São Paulo, **19** (1): 79-90.

BRAJNIKOV, B. — 1953 — A geologia, a fisiografia e a hidrografia da bacia do rio Paranaíba. Bol. Pluviométrico, Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Águas, (12): 65-102.

BRANDT NETO, M. — 1977 — Estratigrafia da Formação Bauru na região do baixo Tietê. São Paulo. /Dissertação de mestrado-Instituto de Geociências-USP

_____; COIMBRA, A.M.; MATO, L.F.— 1978 — Análise textural e mineralógica dos arenitos da Formação Bauru, região do baixo Tietê, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.°. Recife, Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p.771-783.

_____; PETRI, S.; COIMBRA, A.M. — 1978 — Considerações sobre a estratigrafia e ambiente de sedimentação da Formação Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.°, Recife. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p. 557-563.

_____ et alii — 1977 — Sedimentos quaternários associados ao baixo vale do rio Tietê. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1.°, São Paulo. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p.248-266.

CARVALHO, M.de — 1980 — Considerações sobre alguns aspectos hidrogeológicos da Formação Bauru. Rev. IG, São Paulo, **1** (1): 35-52.

COIMBRA, A.M. — 1976 — Arenitos da Formação Bauru: estudo de áreas-fonte. São Paulo, 2 vols. /Dissertação de mestrado-Instituto de Geociências-USP/

_____; BRANDT NETO, M.; PETRI, S. — 1977 — O alinhamento estrutural do Tietê. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1.°, São Paulo. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p.145-152.

DAVINO, A. — 1979 — Contribuição das sondagens elétricas e perfilagens geofísicas ao conhecimento do perfil geológico na região de São José do Rio Preto, SP; aplicação em hidrogeologia. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2.°, Rio Claro. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p. 51-66.

_____ — 1980 — Recursos hídricos subterrâneos em Uberlândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31.°, Camboriú, SC. Anais. Camboriú, SC. Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p.876-889.

_____ et alii — 1974 — Problemas de interpretação de sondagens elétricas em pesquisas hidrogeológicas na Formação Bauru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28.°. Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v.7 p.78-87.

DURANTE, A.; PANNUTI, E.; MEZZALIRA, S. — 1965 — Estudos e captação de água subterrânea no Estado de São Paulo, feitos pelo Instituto Geográ-

fico e Geológico. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. 14p. (Boletim, 44)

FRANGIPANI, A. — 1964 — Mapa da superfície superior do basalto subjacente aos arenitos cretáceos no Estado de São Paulo. O IGG. Rev. do Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, 15: 67-72.

FRANGIPANI, A. — 1967 — Nipoã, caso de poço alimentado por falha. O IGG: Rev. do Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, **19:** 49-54.

FREITAS, R.O. — 1951 — Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. São Paulo, Universidade, FFCL. 120p. (Boletim, 130 — Geologia, 6)

_____ — 1955 — Sedimentação, estratigrafia e tectônica da série Bauru. São Paulo, Universidade, FFCL. 179p. (Boletim, 194 — Geologia, 14)

FREITAS, R.O. — 1964 — Grupo Bauru. In: SÃO PAULO. INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo. p.126-164. (Boletim, 41)

FÚLFARO, V.J. — 1979 — O Cenozóico da bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2.°, Rio Claro. Atas. São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia. v.1 p. 231-241.

GROSSI SAD, J.H.; CARDOSO, R.N.; COSTA, M.T. — 1971 — Formações cretácicas em Minas Gerais: uma revisão, Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 1 (1): 2-13.

HACKETT, J.E. — 1962 — Programa para estudos dos recursos em água subterrânea do vale do Paraíba, entre Jacareí e Quiririm. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. 75p. (Boletim, 39)

HASUI, Y. — 1967 — Geologia das formações cretáceas do oeste de Minas Gerais. São Paulo. 87p. /Tese de doutoramento — Escola Politécnica-USP/

LEINZ, V. — 1949 — Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. São Paulo, Universidade, FFCL. 61p. (Boletim, 103 — Geologia, 5)

_____; SALLENTIEN, B. — 1962 — Água subterrânea no Estado de São Paulo e regiões limítrofes. Bol. Soc. Bras. de Geol., São Paulo, **11** (1): 27-36.

MEZZALIRA, S. — 1967 — Atualização dos estudos e captações de água subterrânea feitos pelo Instituto Geográfico e Geológico no Estado de São Paulo no triênio 1965-67. O IGG: Rev. do Inst. Geog. e Geol., São Paulo, **19:** 83-91

_____ — 1974 — Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. 162p. (Boletim, 51)

_____ — 1976 — Água subterrânea no Brasil e no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto Geográfico. e Geológico 29p. (Avulso, 1)

_____ et alii — 1979a — Potencialidade e utilização da água subterrânea na bacia do rio São José dos Dourados, SP. São Paulo, Instituto Geológico. 78p. (Boletim, 3)

_____ et alii — 1979b — Contribuição ao estudo das águas da Formação Bauru na bacia do rio São José dos Dourados, SP. An. Acad. Bras. Cienc., Rio de Janeiro. **51** (4); 677-694.

_____; TORRES, C.C. — 1977 — Águas subterrâneas no Estado de São Paulo; I Comportamento hidrogeológico das formações geológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto Geológico. 44p (Boletim, 2).

PETRI, S. — 1977 — Mesozóico não marinho do Brasil e seus problemas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1.°, São Paulo. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. p.29-47.

REBOUÇAS, A.C. — 1976 — Recursos hídricos subterrâneos na bacia do Paraná; análise de préviabilidade. São Paulo. 143p. /Tese de livre docência-Instituto de Geociência-USP/

ROCHA, G.A. et alii — 1979 — Hidrogeologia das bacias dos rios, Aguapeí, Peixe e Paranapanema no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2.°, Rio Claro. Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p.85-100.

SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA — 1976 — Estudo de águas subterrâneas; região administrativa 7,8,9, Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba. São Paulo. 4 vols.

SÃO PAULO. INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. — 1970 — Levantamento hidrogeológico na bacia do alto rio São José dos Dourados. São Paulo, 1970. 2 vols.

SÃO PAULO. INSTITUTO GEOLÓGICO — 1978 — Projeto de água subterrânea; levantamento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, com extensão para a bacia do rio Tietê; margem direita. São Paulo. 2 vols.

SOARES, P.C. et alii — 1979 — Geologia da região sudoeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2.°, Rio Claro.Atas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2 p.307-319.

_____ et alii — 1980 — Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo do Estado de São Paulo; Grupo Bauru. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, **10** (3): 177-185.

SUGUIO, K. — 1973 — Formação Bauru, calcários e sedimentos detríticos associados. São Paulo. 2 vols./Tese de livre docência-Instituto de Geociências-USP/

_____; BARCELOS, J.H.; MATSUI, E. — 1980 — Significados paleoclimáticos e paleoambientais das rochas calcárias da Formação Caatinga, BA e do Grupo Bauru, SP/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 31.°, Camboriú, SC. Anais. Camboriú, SC., Sociedade Brasileira de Geologia. v.1 p. 607-617.

_____; BERENHOLC, M.; SALATI, E. — 1975 — Composição química e isotópica dos calcários e ambientes de sedimentação da Formação Bauru. Bol. Inst. de Geoc., USP, **6**: 55-84.

_____ et alii — 1977 — Comportamentos estratigráficos e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 Bauru, 8 São José do Rio Preto e 9 Araçatuba, no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1.°, São Paulo. Atas. São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia. p. 231-247.

WASHBURNE, C.W. — 1930 — Petroleum geology of the State of São Paulo. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. 272p. (Boletim, 22)

WERNICK, E. & SOUZA, A. — 1971 — Sobre a ocorrência de uma camada de fluxo; flow layer, em basaltos na região do Salto do Avanhandava, Estado de São Paulo. An. Acad. Bras. Cienc., Rio de Janeiro, **43** (2): 421-427.