
Estudo de Águas Subterrâneas *

Região Administrativa 6 Ribeirão Preto

O relatório do projeto "Recursos de água subterrânea do Estado de São Paulo, Região Administrativa n.º 6, Ribeirão Preto" refere-se ao primeiro estudo regional detalhado, no âmbito do programa de desenvolvimento da água subterrânea no Estado.

De acordo com as diretrizes do DAEE, o trabalho abrangeu tanto pesquisas básicas na região, pouco conhecida hidrologicamente, quanto avaliação quantitativa dos recursos de água subterrânea, além de orientações sobre as formas de seu desenvolvimento e aproveitamento. O relatório é constituído por quatro volumes: volume I, resumo; volume II, texto; volume III, atlas de mapas; volume IV, anexos.

No âmbito do projeto foi realizado um amplo trabalho, conseguindo-se informações compreensivas e acumulando-se uma grande quantidade de dados, o que possibilitou a obtenção de resultados significativos.

É importante enfatizar aqui duas das principais conclusões: a primeira diz respeito ao potencial de água subterrânea disponível, que é enorme, excedendo em muito o consumo geral previsto na região até o fim do século; e a segunda é a plena viabilidade econômica da exploração de água subterrânea para fins de abastecimento municipal na maior parte da região.

O DAEE considera plenamente correto e justificado o propósito de ampliar as investigações de água subterrânea em todo o Estado, de aprofundar e levar avante o reconhecimento hidrogeológico e de adquirir ampla experiência

em planejamento do desenvolvimento e manejo dos recursos hídricos.

Além da Região 6 foram concluídos os trabalhos nas regiões Grande São Paulo, Bauru, Araçatuba e São José do Rio Preto (1, 7, 8 e 9), cujos relatórios estão em fase de impressão, tendo-se iniciado os trabalhos na região 3 (Vale do Paraíba).

As publicações relativas ao Projeto Águas Subterrâneas podem ser solicitadas pelos interessados à Divisão de Planejamento Geral — DAEE, Rua Riachuelo, n.º 115, 5.º andar, São Paulo.

ORIENTAÇÃO DO PROJETO

Engenheiros Orlando Sala, diretor da Diretoria de Planejamento e Controle; Rubem La Laina Porto, diretor da Divisão de Planejamento Geral; Enclydes Cavallari, coordenador de Projetos; e Salomão Szulman, assistente do diretor da Divisão.

EQUIPE DO PROJETO

Geologia e Hidrogeologia:

Geólogos Ivanir Borella Mariano (chefe da equipe), Gerônimo Albuquerque Rocha, Manoel Francisco Conejo Lopes, Iara Weissberg do Amaral, Antônio Maganim Sobrinho, Nelson Baltrusis, Gildo Mistretta (através do Convênio DAEE-IPT), Jean Marie Teissedre (IPT), Engenheira Emilia Onishi e o estagiário Adriano Diogo.

Hidrologia e Meteorologia:

Engenheiros Takashi Nakae (chefe da equipe), Celina Ruggiero, Benedito Pinto Ferreira

(*) Preparado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica — DAEE, da Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Braga Jr., João Gilberto Lotufo Conejo, Yuiti Fushiguro, Oscar Takatoshi Hirayama, Miguel Gukovas, geógrafa Neyde Cordeiro Miranda, estagiárias Takeko Uehara e Ana Maria Scarlato.

Planejamento:

Engenheiros Rubens Shoji Nakano e Mário Ferreira Setubal Filho.

CONSULTORIA DO PROJETO

Engenheiros Yoav Harpaz, geo-hidrologo, diretor do projeto; Rafael Gurevitz, planejador; Félix Mero, hidrologo; Dr. Uri Barner, hidrogeólogo; e, Dr. Alfred Merdler, engenheiro de perfuração.

INTRODUÇÃO

Apesar de no Estado de São Paulo os recursos hídricos superficiais se encontrarem em abundância, sua captação e o suprimento do consumo urbano, industrial e agrícola são frequentemente limitados por fatores econômicos e condições de poluição. Assim, devido à gigantesca expansão de São Paulo nos últimos anos, a demanda de água aumentou consideravelmente, criando-se um atraso no atendimento. Em algumas cidades, verificaram-se até mesmo situações críticas de falta de água, com conseqüências negativas ao desenvolvimento urbano e implicações sanitárias relativas ao baixo padrão de qualidade das águas utilizadas para abastecimento.

Por outro lado, em muitas localidades existem reservas consideráveis de água subterrânea de ótima qualidade, ainda não aproveitadas, que podem contribuir para a solução dos problemas básicos de abastecimento de água e acelerar seu desenvolvimento.

Por essa razão, reconhecendo-se as vantagens do aproveitamento da água subterrânea, iniciou-se, em muitos lugares, a utilização desses recursos com aproveitamento esporádico, sem o devido planejamento e controle.

No início de 1972, a Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, através do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) com a colaboração da Tahal Consulting Engineers, executou um levantamento, a nível de reconhecimento, dos recursos de água subterrânea do Estado de São Paulo, que indicou em uma avaliação preliminar o seu potencial, revelando assim a sua importância. O levantamento recomendou o estudo metódico das ocorrências de água subterrânea, as perspectivas de aproveitamento e as formas para sua conservação, nas várias regiões do Estado. Além disso, foi recomendada a implantação de um centro técnico de orientação e agrupamento de "know-how",

para o planejamento do desenvolvimento e aproveitamento dos recursos de água subterrânea no Estado.












Como conseqüência dessa recomendação, o DAEE encarregou o consórcio Tahal Consulting Engineers Ltd. — Geopesquisadora Ltda. de pesquisar e estudar de forma mais detalhada a hidrogeologia e os recursos de água subterrânea na Região Administrativa n.º 6, Ribeirão Preto. Esta foi selecionada como estudo-piloto regional de um programa a longo prazo do DAEE, que deverá abranger todo o Estado. O consórcio executou esse trabalho especial e complexo, iniciado em novembro de 1972, no âmbito da Diretoria de Planejamento e Controle do DAEE, com a plena cooperação de seus engenheiros e geólogos. Especialistas de Israel, com conhecimento técnico e experiência no campo de recursos hídricos, também participaram no projeto.

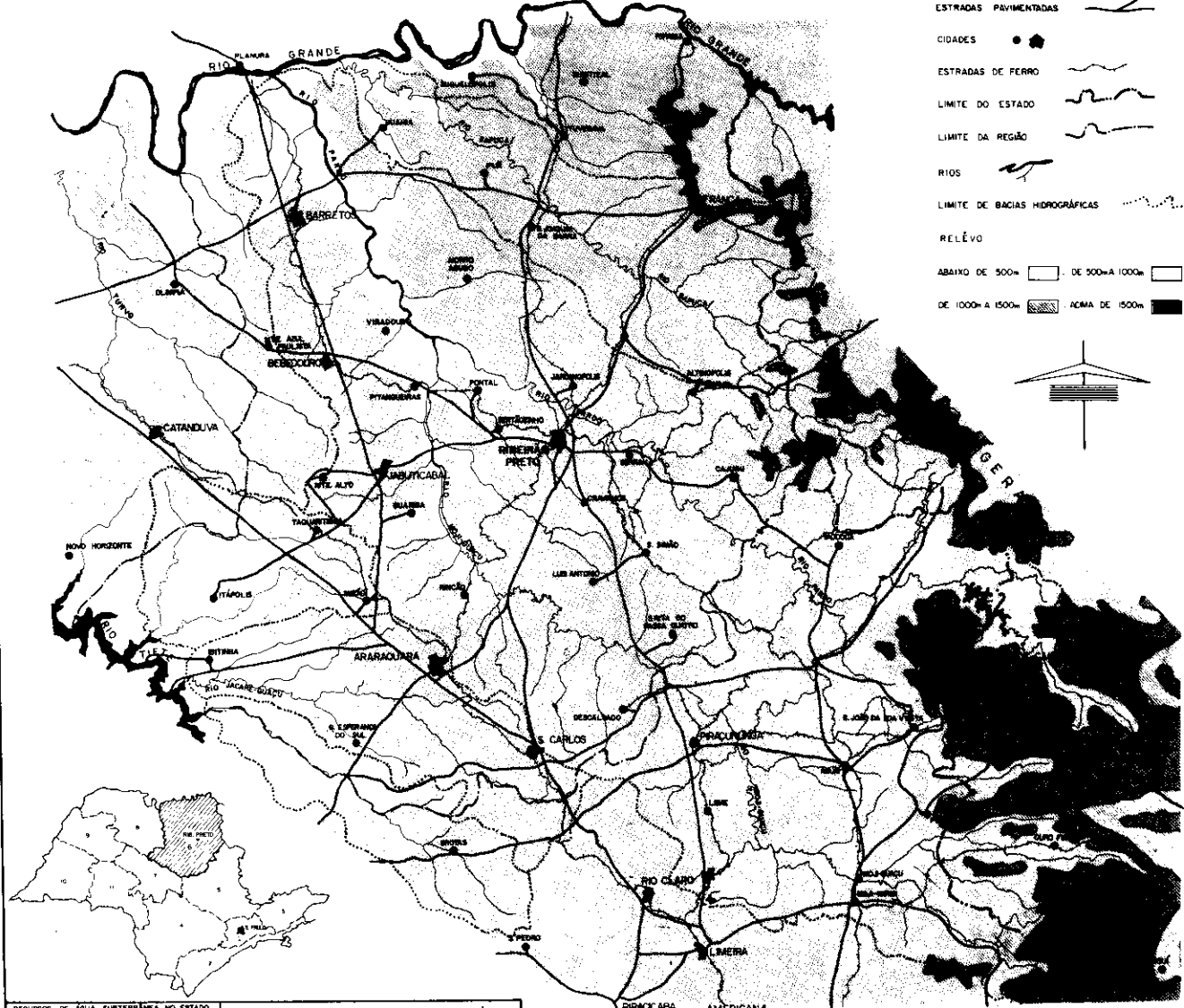
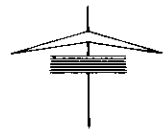
A região encontra-se a nordeste do Estado e abrange uma área de cerca de 35 mil km²; compreende oitenta municípios agrupados em sete sub-regiões, com uma população de 1,4 milhão de habitantes. É limitada ao norte pelo rio Grande, ao sul pelo rio Tietê e tem sua parte central cortada pelos rios Pardo, Mogi-Guaçu e Sapucaí-Mirim. O clima é moderado, com duas estações distintas. Localizando-se sobre o importante eixo de desenvolvimento São Paulo—Brasília, a região apresenta um potencial econômico considerável, com impressionante previsão de desenvolvimento e crescente demanda de água. Três aquíferos já são parcialmente utilizados na região e as perspectivas para o aumento de aproveitamento de água subterrânea são promissoras.

Objetivos do projeto

Para o projeto, de caráter sistemático detalhado, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

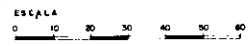
- Conhecimento da hidrogeologia regional e das condições das águas subterrâneas existentes.
- Determinação da situação atual da exploração e da qualidade da água.
- Avaliação do potencial de aproveitamento da água subterrânea.
- Estimativa da demanda de água na região.
- Demonstração da conveniência do desenvolvimento dos recursos de água subterrânea e sugestões para o estabelecimento de diretrizes da política regional de aproveitamento.
- Cadastramento dos poços na região, visando a um controle central, normalização das técnicas de perfuração e legislação.

- ESTRADAS PAVIMENTADAS 
- CIDADES 
- ESTRADAS DE FERRO 
- LIMITE DO ESTADO 
- LIMITE DA REGIÃO 
- RIOS 
- LIMITE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS 
- RELEVO
- ABAIXO DE 500m  DE 500m A 1000m 
- DE 1000m A 1500m  ACIMA DE 1500m 



RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO - REGIÃO 6 - RIBEIRÃO PRETO
 T.A.H.L. - GEOPROCESSADORA BRASILEIRA
 PROJ. TOVAI HARPAZ DES. MARCEL SÁVO
 EXEC. APRON
 DATA FEVEREIRO/75

DAEE
 SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
 DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
 DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
 DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL
MAPA FISIAGRÁFICO DA REGIÃO 6



□ Treinamento de técnicos do DAEE no campo da pesquisa e planejamento de água subterrânea, bem como assistência técnica na execução de poços profundos.

A fim de alcançar esses objetivos, elaboraram-se uma metodologia e um programa de trabalho, segundo os quais o projeto foi levado a termo.

Metodologia

De acordo com as concepções básicas e a experiência técnica dos consultores, foi formulada para o presente projeto uma metodologia que se baseou nos princípios e diretrizes abaixo expostos.

O primeiro princípio determina que, apesar de serem os recursos de água subterrânea o objetivo principal, há necessidade de estudar e conhecer todo o sistema hidrológico e, a partir do mesmo, determinar as relações com o sistema hidrogeológico. Portanto, a área de pesquisa foi ampliada e abrangeu também a Região Hidrográfica n.º 7 e parte da Região Hidrográfica n.º 2 (pertencente ao rio Tietê). O conhecimento de todo o sistema hidrológico, incluindo os recursos de água superficial e subterrânea, é importante para a fase de planejamento do abastecimento de água e planejamento regional integrado.

A investigação básica detalhada da hidrogeologia, em todos os seus aspectos, sua integração com as formas de aproveitamento da água subterrânea, sua demanda e projeções futuras representam o segundo princípio central, que condicionou os maiores esforços e atividades do projeto. A investigação focalizou, portanto, os aquíferos principais.

Outro princípio importante é a conjugação das análises de viabilidade com os trabalhos de pesquisa e os diversos levantamentos, com o intuito de apresentar subsídios aos formuladores da política relativa aos recursos hídricos e aos engenheiros de planejamento. Dessa forma, permite determinar prioridades na dotação de recursos financeiros para o desenvolvimento dos recursos hídricos, para o planejamento de soluções práticas dos problemas de saneamento e para o planejamento de irrigação.

O quarto princípio é a execução de pesquisa e planejamento em paralelo com a verificação, em campo, de soluções práticas baseadas no aproveitamento da água subterrânea, para problemas efetivos de abastecimento de água a cidades. Assim, no decorrer do projeto foram executadas perfurações para poços de produção, que, além de suprirem dados de pesquisa, poderão servir para o abastecimento de água a

comunidades necessitadas. Essa forma de operação garante a obtenção rápida de resultados práticos, intensificação de treinamento e aprimoramento técnico na área da exploração e tecnologia em perfuração de poços.

A execução de todo o trabalho foi feita através de equipes técnicas do DAEE, que para tal foram especialmente organizadas. Os diversos dados usados no decorrer do trabalho foram coletados e arquivados no Departamento. O treinamento do pessoal foi realizado de forma rápida e eficiente. Os resultados do projeto foram aplicados em diversas áreas de forma imediata e prática, através das seções executivas do DAEE e de outras entidades. A repercussão do projeto expandiu-se além dos limites originais do escopo, sendo possível ampliar a orientação e a assistência técnica a dezenas de cidades em todo o Estado, dentro e fora da Região Administrativa n.º 6.

De acordo com a orientação interdisciplinar, participaram do projeto técnicos especializados em quatro disciplinas principais: geologia, hidrologia, planejamento de recursos hídricos e engenharia de perfuração, que atuaram como uma só equipe coesa. Coadjuvaram a equipe, entre outros, geofísicos, programadores de computador, engenheiros civis, sondadores e acadêmicos, além do apoio obtido em serviços.

Execução

A execução dos trabalhos abrangeu uma gama de atividades bastante complexas, tanto no campo como no escritório, seguindo um plano de trabalho bem definido. Destacam-se a seguir as principais atividades.

O levantamento de poços e cadastramento dos mesmos em arquivo central foi baseado em inspeção de campo e mapas nas escalas de 1:50.000 e 1:250.000. Assim, foram localizados e cadastrados aproximadamente 630 poços perfurados nas seguintes formações: Botucatu, 197; Basalto, 118; Bauru, 94; aquíferos não determinados, 148. Foram conferidos e anotados os relatórios da perfuração, equipamentos, níveis de água, dados químicos (350 amostras analisadas) e outros pormenores de cada poço.

Dentro dos estudos geológicos, completou-se o mapeamento de toda a região em escala de 1:50.000, elaborou-se um mapa geológico da área estudada na escala de 1:250.000 e mapa simplificado em 1:500.000. Com base nesse mapeamento, nas informações de perfis geológicos dos poços, nos perfis geoeletricos (realizou-se também uma investigação geofísica extensiva, executando-se 129 sondagens de profundidade AB/2 entre 400 e 1.500 m), foram

determinadas as secções geológicas, confeccionados os mapas estruturais e definidos os aquíferos principais.

Foram efetuados quarenta testes de aquífero em diversos poços de exploração. Estabeleceu-se na região uma rede nivelada de 94 poços, nos quais se observam regularmente (quinzenalmente) os níveis das águas subterrâneas.

A partir do grande número de dados levantados e demais estudos, passou-se à fase seguinte, e de processamento, que resultou no mapeamento da situação atual das águas subterrâneas. Fez-se depois a análise hidrogeológica, que conseguiu determinar as características dos aquíferos, estabelecer o regime de escoamentos do sistema hidrogeológico e constatar o grande potencial de exploração.

Na fase hidrometeorológica foram coletados e processados informes minuciosos referentes a 133 postos pluviométricos, 25 postos meteorológicos, 66 postos fluviométricos, totalizando, nos arquivos do DAEE, cerca de 700 mil cartões IBM. O tratamento dos dados e as várias análises efetuadas permitiram a execução dos balanços hídricos e simulações hidrologicas com bom êxito.

No âmbito do estudo, foram projetados e perfurados cinco poços profundos de grande capacidade. A localização desses poços experimentais possibilitou obter informações hidrogeológicas antes inexistentes, melhorar a tecnologia de perfuração e construção de poços e, além disso, objetivava o fornecimento de água em abundância, num curto prazo, para as cidades de Araraquara, Barretos, Jaboticabal, Novo Horizonte e Guará. As obras de perfuração foram executadas por empreiteiros nacionais, sob a orientação da consultoria. Embora estando ainda na sua fase final, julga-se terem alcançado os objetivos principais.

A planificação do aproveitamento da água subterrânea compõe-se de coletas de dados sobre a economia da região, os consumos e os sistemas de abastecimento de água. Com base nisso, elaboraram-se previsões da demanda e esquematizou-se um plano indicador para o desenvolvimento e exploração da água subterrânea na região.

Um sério problema enfrentado em todas as pesquisas de dados foi a escassez e, algumas vezes, a falta de exatidão dos mesmos, apesar dos levantamentos elaborados e das buscas meticolosas. Tornaram-se necessários portanto, o desenvolvimento e a utilização de métodos especiais que possibilitaram a geração de dados, a fim de completar o quadro, tendo em muitos casos sido possível chegar somente a conclusões parciais ou construir um quadro de caráter geral. Desse modo, parte das conclusões

deverá, no futuro, ser objeto de uma nova avaliação, quando então se acumularem dados das observações correntes iniciadas no decorrer do projeto.

Apesar dessas limitações objetivas, o projeto conseguiu alcançar os objetivos preestabelecidos e chegar a um elevado nível de resultados. O projeto pode também ser visto como um modelo para futuras pesquisas de água subterrânea a serem realizadas em outras regiões do Estado e do país.

A descrição do desenvolvimento do trabalho, os inúmeros dados coletados e os resultados das pesquisas e análises são apresentados em relatório que se compõe de quatro volumes: resumo, texto completo com treze capítulos, livro de anexos e atlas de mapas.

Organização e orientação

A equipe do projeto, que trabalhou em colaboração com o DAEE, contou com o apoio de diversas entidades governamentais e privadas, que se expressaram de diversas formas, colocando à disposição do projeto: dados, medições, fornecendo material técnico, estudos anteriores e valiosos pareceres. Por essa ajuda apresentamos nossos agradecimentos.

Permitimo-nos menção especial à contribuição através da orientação do Sr. secretário dos Serviços e Obras Públicas e do Sr. superintendente do DAEE, bem como dos diretores e técnicos do DAEE, onde o estudo foi realizado.

Entidades como o CTH-DAEE, DNAEE, DESP, Serviço de Meteorologia e CPFL foram as fontes principais para a obtenção de dados hidrológicos e meteorológicos.

FESB, IPT, IGG, Petrobrás, as diversas prefeituras e seus departamentos de água, bem como empresas privadas de perfuração, forneceram de seus arquivos dados geológicos e de poços e informações referentes ao abastecimento e utilização de água. O laboratório da Cetesb realizou centenas de análises de amostras de água coletada de poços e rios.

O Departamento de Geologia da FFCL de Ribeirão Preto e o Instituto de Geociências de Rio Claro colocaram à disposição do projeto o mapeamento geológico realizado para a Comissão Nacional de Energia Nuclear, além de executarem, juntamente com os geólogos da equipe do projeto, o mapeamento geológico detalhado em cerca de 1/3 da área da região estudada. A empresa Geopesquisadora Brasileira, o IPT e Nicolau Haralyi executaram as sondagens e pesquisas geofísicas.

Todos os poços experimentais foram perfurados pela empresa Air-Lift, que se desincumbiu de um trabalho difícil e pioneiro no campo

da perfuração profunda, destinado tanto à pesquisa como à produção e abastecimento de água.

O Processamento de Dados do DAEE, chefiado pelo engenheiro Alvaro O. Bento, contribuiu na elaboração dos programas e executou todas as atividades de processamento automático de dados.

A equipe executiva foi composta pelos grupos profissionais segundo as disciplinas: Geologia e Hidrogeologia, Hidrologia e Meteorologia, Planejamento.

A equipe da consultora, Tahal Consulting Engineers Ltd. — Geopesquisadora Brasileira Ltda., foi composta por especialistas em geologia, geo-hidrologia, hidrologia, perfuração e planejamento. Assistência técnica adicional foi fornecida ao projeto por especialistas da Tahal, através de informes provindos de sua sede, em Israel.

HIDROLOGIA

A metodologia adotada pelo trabalho reconhece a água subterrânea e seus influxos e efluxos como um componente inseparável do ciclo hidrológico e, assim, tentou-se elaborar um estudo quantitativo. Este capítulo trata principalmente dos fatores meteorológicos, da hidrologia superficial e de seus vínculos com os aquíferos.

Os modelos matemáticos desenvolvidos e aplicados na simulação do ciclo hidrológico na região englobam dois grupos de fatores físicos principais. O primeiro é o meio ambiente, representado pelo complexo físico da bacia hidrográfica. Esta atua como um sistema de reservatórios de armazenamento, tais como a interceptação e a retenção no solo não saturado e nos vários aquíferos, tendo características quase invariáveis no tempo. O segundo grupo contém os fatores dinâmicos de entrada, armazenamento e saída de água no meio, representados pela chuva (entrada), evaporação (perda de água) e escoamento superficial e subterrâneo (saída).

O trabalho começou com a definição das bacias, que serviu de base para o estudo da sua fisiografia, relevo, hidrografia, localização de postos pluviométricos, meteorológicos e fluviométricos, delimitação das sub-bacias, cálculo de áreas de drenagem e constatação de demais elementos.

Quanto à pluviometria, elaborou-se um programa para análise estatística de dados diários, cálculo de valores médios diários, mensais e anuais, para certo período, e que ainda analisa complementarmente o comportamento estatístico do número de dias de chuva. Outro programa desenvolvido foi o que permite visualizar

o comportamento da chuva no tempo, para determinada região, e correlações múltiplas, para um grupo de postos, localizados dentro de certa vizinhança. O programa verifica a simultaneidade de chuvas e se são correlacionáveis. Em casos favoráveis, pode-se completar eventuais ausências de dados em determinados intervalos de tempo. Processaram-se dados de 130 postos pluviométricos da região e sua vizinhança.

Em vista da carência de dados de evaporação, foram desenvolvidas fórmulas para o cálculo da evaporação potencial, baseadas em dados de insolação, temperatura e outros dados meteorológicos. Para verificar a qualidade dos informes gerados, fizeram-se comparações com dados de tanque classe A, disponíveis em alguns postos.

A fim de manter a integralidade do sistema hidrológico, estendeu-se a área do estudo hidrometeorológico além dos limites da Região 6, de maneira a incluir as bacias dos rios pertencentes à 7.ª Zona Hidrográfica. A área total, da ordem de 53 mil km², foi subdividida em oito bacias fundamentais, e estas, por sua vez, subdivididas, totalizando 52 bacias tributárias. Tais subdivisões ficaram condicionadas às formações geológicas e aos dados meteorológicos e hidrométricos. Os cálculos de balanço hídrico e principalmente a aplicação de modelo matemático de simulação do ciclo hidrológico exigem a existência de períodos simultâneos de dados hidrológicos e hidrometeorológicos de boa qualidade.

Dentro da área de influência e do período delimitado para os estudos, coletaram-se dados de 66 postos fluviométricos. Fez-se depois a coleta e procedeu-se a uma análise rigorosa e sistemática de dados hidrométricos, procurando-se definir curvas-chave somente para períodos que possuam dados hidrométricos, tendo sido efetivadas constantes visitas ao campo, a fim de averiguar as características hidráulicas e as condições de operação dos postos.

Resultaram dessa análise minuciosa as definições das equações de curvas-chaves para 54 postos, cuja distribuição por bacia é a seguinte: três postos fluviométricos na bacia do rio Carmo, nove na bacia do rio Sapucaí-Mirim, catorze no rio Mogi-Guaçu, dezessete no ribeirão dos Porcos, seis no rio Jacaré-Guaçu e quatro na bacia do rio Jacaré-Pepira. Em todos os postos foram determinadas as equações das curvas-chave revistas.

Analisando-se os fluviogramas nos períodos em que se conseguiram definir as curvas-chave, e que possuíam médias diárias, obtiveram-se, além dos hidrogramas homogêneos, as características de deflúvio e do meio hidrogeológico.

Efetuada essa série de estudos preparativos, passou-se à manipulação do modelo hidrometeorológico. Dada a grande extensão da área em estudo, o modelo foi aplicado para sub-bacias, que, compostas de maneira seqüencial de montante para jusante, simularam o comportamento das bacias principais. Foram adaptados programas de simulação do balanço hídrico diário superficial e subterrâneo para uma determinada bacia e suas sub-bacias. São de processamento rápido e servem para obter parâmetros do sistema hidrológico, conforme as diferentes formações geológicas da região.

A comparação dos fluviogramas das vazões observadas com os fluviogramas resultantes da simulação permitiu calibrar o modelo e seus parâmetros e gerar séries de escoamentos superficial, básico, recargas dos aquíferos, etc.

Características climatológicas gerais

O estudo climatológico da região limitou-se aos fatores meteorológicos essenciais para o projeto, que, no caso, são: entrada (a chuva) e perda de água (evaporação) que atuam no sistema do ciclo hidrológico, como se detalha no capítulo seguinte.

Para caracterizar o clima na região, os estudos basearam-se em fatores meteorológicos, tais como as variações anuais de temperatura, umidade relativa, chuva-evaporação e outros. Segundo a classificação Koepper, enquadra-se o clima entre o tipo A dos climas tropicais e o tipo C dos climas subtropicais. Na região aparecem dois períodos climáticos distintos: o período de outubro a março é úmido, com temperaturas médias elevadas (22°-26° C) nas partes de jusante das bacias hidrográficas; estas médias diminuem de 2° a 3° C na parte montanhosa das nascentes dos rios Pardo e Mogi-Guaçu. A umidade relativa permanece bastante alta (variando entre 50% e 85%), geralmente mais baixa (seca) no interior e mais alta nas cabeceiras. A evaporação, calculada pelo tanque classe A, tem valores de 1.500 a 2 mil mm anuais, dos quais cerca de 60% evaporam durante o período, variando os valores com as condições meteorológicas mencionadas e a localização. O índice de precipitação médio da região (ver mapas) é da ordem de 1.350 mm/ano, dos quais cerca de 1.200 mm no período de chuva.

No período seco, abril a setembro, destacam-se os seguintes parâmetros climatológicos: temperaturas médias variando com a altura de 13° a 16° C; a umidade relativa permanece mais baixa, variando de 20% a 60% no interior e de 40% a 75% nas partes elevadas; a evaporação estima-se em 400-600 mm durante o período; o índice pluviométrico varia em relação ao período

de úmido, com a ausência de chuva durante dois a quatro meses. Em geral, a chuva não ultrapassa 20% do total anual durante este período.

Precipitação

Dos exames efetuados a respeito do regime de precipitação na região, destacam-se as análises qualitativa e quantitativa da chuva no espaço e a simultaneidade e homogeneidade dos dados pluviométricos coletados, que permitirão a definição de um posto-índice, para posterior alimentação do modelo de simulação do ciclo hidrológico.

Da aplicação dessa técnica no projeto, verificou-se que as chuvas têm caráter tanto mais aleatório quanto menor o intervalo de tempo em que se obtêm informações sobre o fenômeno.

Tal fato mostra a necessidade de se aprofundar mais o conhecimento do regime de chuvas nas várias partes da região.

Utilizando-se o programa "GEPRO", calcularam-se, a partir de dados diários, os totais mensais e anuais de precipitação e de dias chuvosos. Imediatamente, se calcularam com valores diários e totais mensais: a média, moda e desvio-padrão, para determinado período.

Observando-se os resultados desse trabalho, é possível constatar, quer pelos totais mensais médios, quer pelo número médio de dias de chuvas num mês, a existência de dois períodos distintos em toda a região estudada: a) período de chuvas (de outubro a março) com acima de 80% da média anual. b) período de estiagens (de abril a setembro) com menos que 20% da média anual. Nota-se que, durante a estiagem, os totais mensais médios não ultrapassam 100 mm, ao passo que em outro período essa média se situa entre 100 e 300 mm. Para visualizar a distribuição da chuva na região, traçaram-se isoietas correspondentes aos totais dos períodos seco e úmido e aos totais anuais médios.

No divisor de água a este, há valores anuais médios superiores a 1.500 mm. Daí, caminhando no sentido de jusante, tem-se decréscimo nos totais, atingindo na foz valores próximos de 1.200 mm. Notou-se somente uma anomalia na parte central, abrangendo o quadrilátero formado pelas cidades de Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, São Carlos e Araquara, onde o total chegou a 1.400 mm, relativamente alto quando comparado com a vizinhança.

Observando-se os resultados do programa RGM 1 (correlação múltipla da chuva simultânea regional de um a sete dias), conclui-se que durante o período chuvoso a dispersão da chuva é bastante significativa, caracterizando um re-

gime de convecção, com precipitações localizadas e muito aleatórias. As correlações múltiplas são baixas. Em contraposição, para o outro período (estio), obtiveram-se coeficientes de correlação bastante expressivos, explicados pelo regime de chuvas frontais. Aplicando a média móvel de três e sete dias (ver tabela D.4 e gráfico D.4), há um aumento sensível do fator de correlação.

Probabilidades semelhantes de ocorrência de um determinado nível de chuva diária mantêm-se praticamente em toda a região (não se trata de simultaneidade).

Uma observação mais minuciosa do estudo revela que a altura de chuva média tem determinada tendência: nas cabeceiras esses valores são menores, aumentando quando se caminha para jusante (a diferença entre os extremos chega próximo de 20%). O desvio-padrão mostra características semelhantes.

Vendo o fenômeno global (altura de chuva e número de dias em cada mês), ocorre que o total médio mensal é maior nas cabeceiras do que a jusante. Assim, conclui-se que o fator preponderante do índice pluviométrico é o número de dias.

Evaporação

Os dados da evaporação observados nos postos meteorológicos são extremamente deficientes e duvidosos. A insuficiência de séries de dados de evaporação de tanque tipo A impôs a realização de estudos detalhados de fórmulas, com base em outros dados meteorológicos, tais como: temperaturas (bulho seco e úmido), insolação, vento, umidade relativa etc. Foram calibrados quatro métodos comparativos que estimam a evaporação equivalente ao tanque A: dois baseando-se no balanço energético (Penman) e dois, mais simples, usando dados de temperatura, insolação e umidade. Conseqüentemente, a estimativa de evaporação numa bacia hidrográfica, adotada no presente projeto, foi efetuada em dois estágios, a saber:

Estimativa da evaporação potencial: define-se como evaporação potencial a evaporação numa lâmina de água contida no tanque tipo A do U.S.W.B., sujeita às condições meteorológicas ambientes.

A evaporação potencial, portanto, é calculada admitindo-se disponibilidade contínua de água e depende essencialmente dos fatores dinâmicos da meteorologia. A estimativa de evaporação potencial é obtida da simulação do balanço energético.

Estimativa da evaporação real: define-se como evaporação real (ou efetiva) a perda média de água em uma bacia hidrográfica. Assim, esta

depende da evaporação potencial, da disponibilidade de água e também das características físicas e biológicas (como no caso da evapotranspiração, onde este processo é regulado pela transpiração, dependendo da disponibilidade de água na forma de umidade do solo e do instante considerado do ciclo vegetativo). Visto que esse fenômeno está diretamente ligado à disponibilidade de água, foi quantificado utilizando-se modelo de balanço hídrico diário.

Os resultados dos cálculos indicaram que o comportamento da evaporação potencial equivalente ao tanque classe A poderia resumir-se segundo quatro zonas principais:

a) No triângulo Piracicaba-Limeira-Campinas, a evaporação é da ordem de 1.850 mm/ano. Quanto à marcha anual, em termo de médias de cada dez dias, atinge um valor de 7,5 mm/dia, nos dias "secos" do período compreendido entre os meses de novembro e fevereiro. Entre março e junho, o valor é da ordem de 2,5 mm/dia, nos dias secos, e de junho a outubro observa-se um acréscimo gradual, quase linear. Nota-se nitidamente a influência das condições meteorológicas nos dias de chuva, o que implica uma redução significativa da evaporação potencial.

b) Numa linha intermediária entre Poços de Caldas, Mococa e Franca, a evaporação é da ordem de 2 mil mm/ano. A média diária de dez em dez dias atinge um valor de 8 mm/dia, nos dias "secos" entre novembro e fevereiro. De março a junho é da ordem de 3 mm/dia. Vale também a observação, citada no caso anterior, quanto à variação durante o ano.

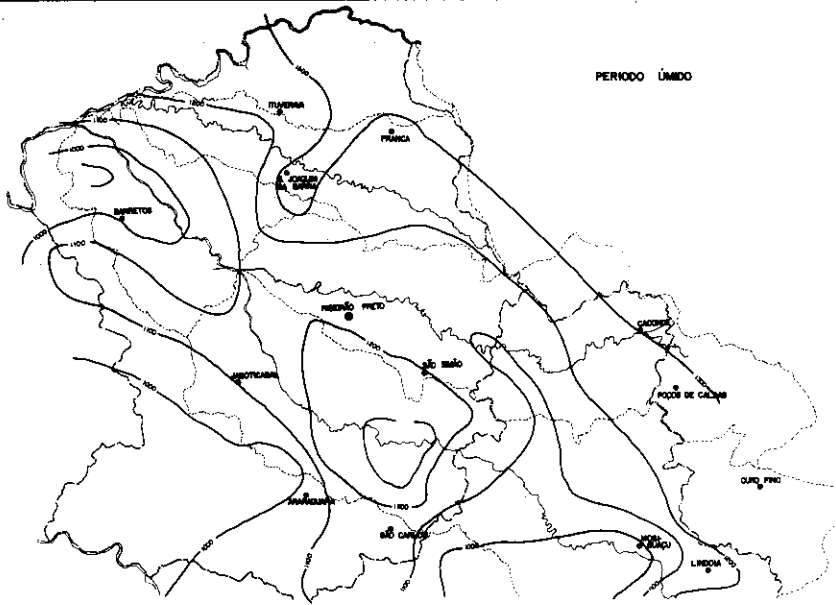
c) Na altura de Ribeirão Preto, a evaporação é da ordem de 2.100 mm/ano. A marcha anual apresenta o mesmo comportamento dos casos anteriores e os dois valores extremos médios de dez em dez dias são: 8,5 mm/dia e 3,5 mm/dia.

d) No quadrilátero Igarapava, Barretos, Colina e Catanduva, a evaporação é da ordem de 2.250 mm/ano. Aqui também cabe a mesma observação. A média anual e os dois valores médios de dez em dez dias são: 9 mm/dia e 4 mm/dia.

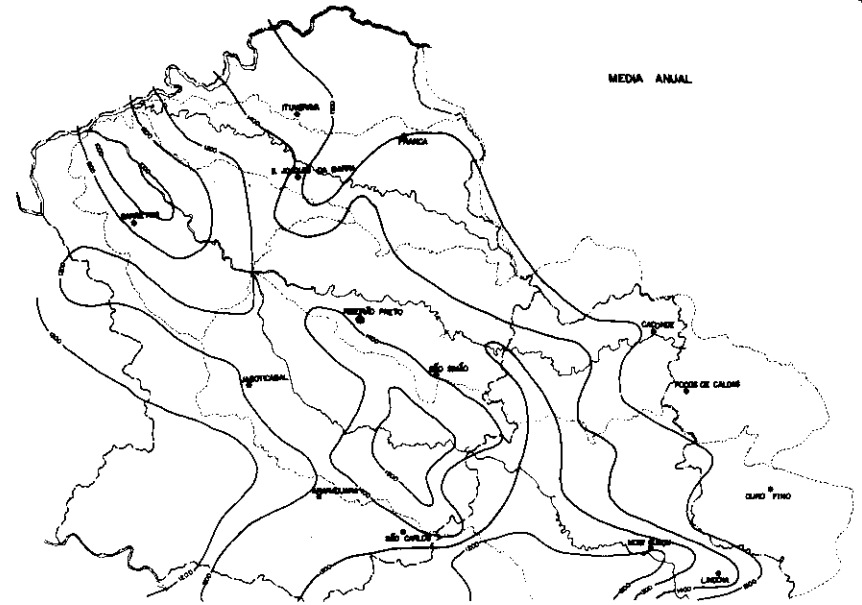
Simulação do ciclo hidrológico

O modelo do ciclo hidrológico, aplicado ao presente projeto, simula a parte principal da circulação da umidade atmosférica e da água dentro da área da bacia hidrográfica. Ele faz, por meio de computador, um balanço hídrico para uma única bacia (programa MM01) e para diversas bacias interligadas (MM08).

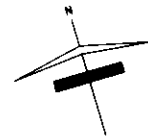
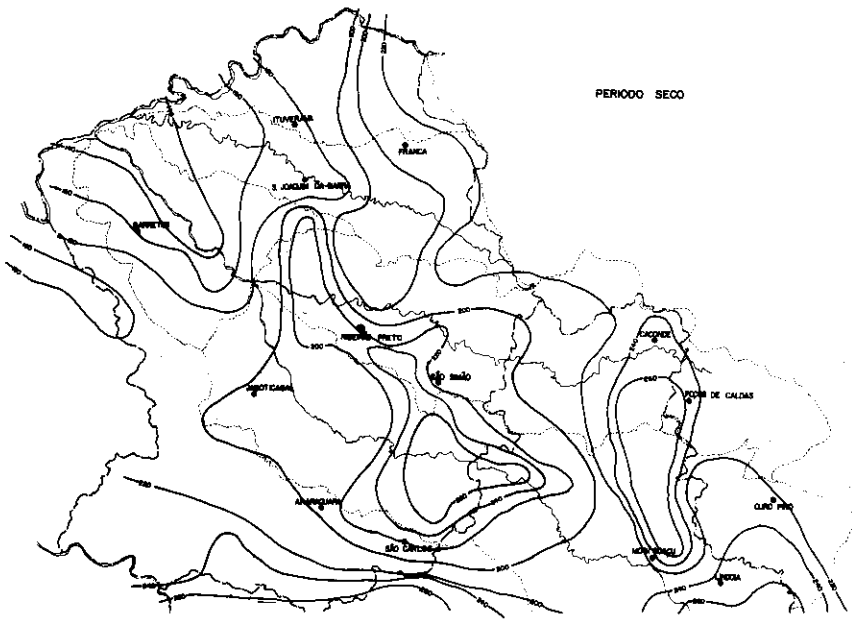
PERÍODO ÚMIDO



MÉDIA ANUAL



PERÍODO SECO



ESCALA
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
KM

MÉDIAS DE 30 ANOS (1942-1971)

LEGENDA

- CURVA DE ISOJETAS em mm
- LIMITE DA REGIÃO
- LIMITE DO ESTADO
- LIMITE DAS BACIAS HIDRÓGRAFICAS
- RIO E RIBEIRÃO
- CIDADES PRINCIPAIS
- SEDE ADMINISTRATIVA DA REGIÃO

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO
REGIÃO ADMINISTRATIVA NR 6 - RIBEIRÃO PRETO

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA

Projeto: F. MERO, RICHARDO, MARCO J. PALÇA	
Desenho: MARCEL BAVIO	
Revisão: TANABE NUNEZ	
Data: MAIO/1974	

GRÁFICA
ESCALA

DAEE

SECRETARIA DOS RECURSOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL

MAPAS DE ISOJETAS

Começando pelas ocorrências de precipitação que alcançam a superfície de uma bacia hidrográfica, o modelo precisa satisfazer, preliminarmente, a capacidade de retenção que compreende o umedecimento das superfícies secas e a interceptação por vários agentes não contribuintes. A retirada de água pela evaporação é direta nesta fase. Continuando a chuva, ocorrem os seguintes processos: a água em excesso começa a infiltrar-se no solo; a quantidade que ultrapassa a capacidade da infiltração escorre pela superfície (escoamento superficial) e também pela subsuperfície (escoamento hipodérmico).

A água infiltrada realimenta o solo até atingir o limite da retenção capilar do solo (definido como a capacidade de campo). Ultrapassando esse limite, começa a recarga dos lençóis mais profundos (ou dos aquíferos). A evaporação nesta fase ocorre pelas plantas e

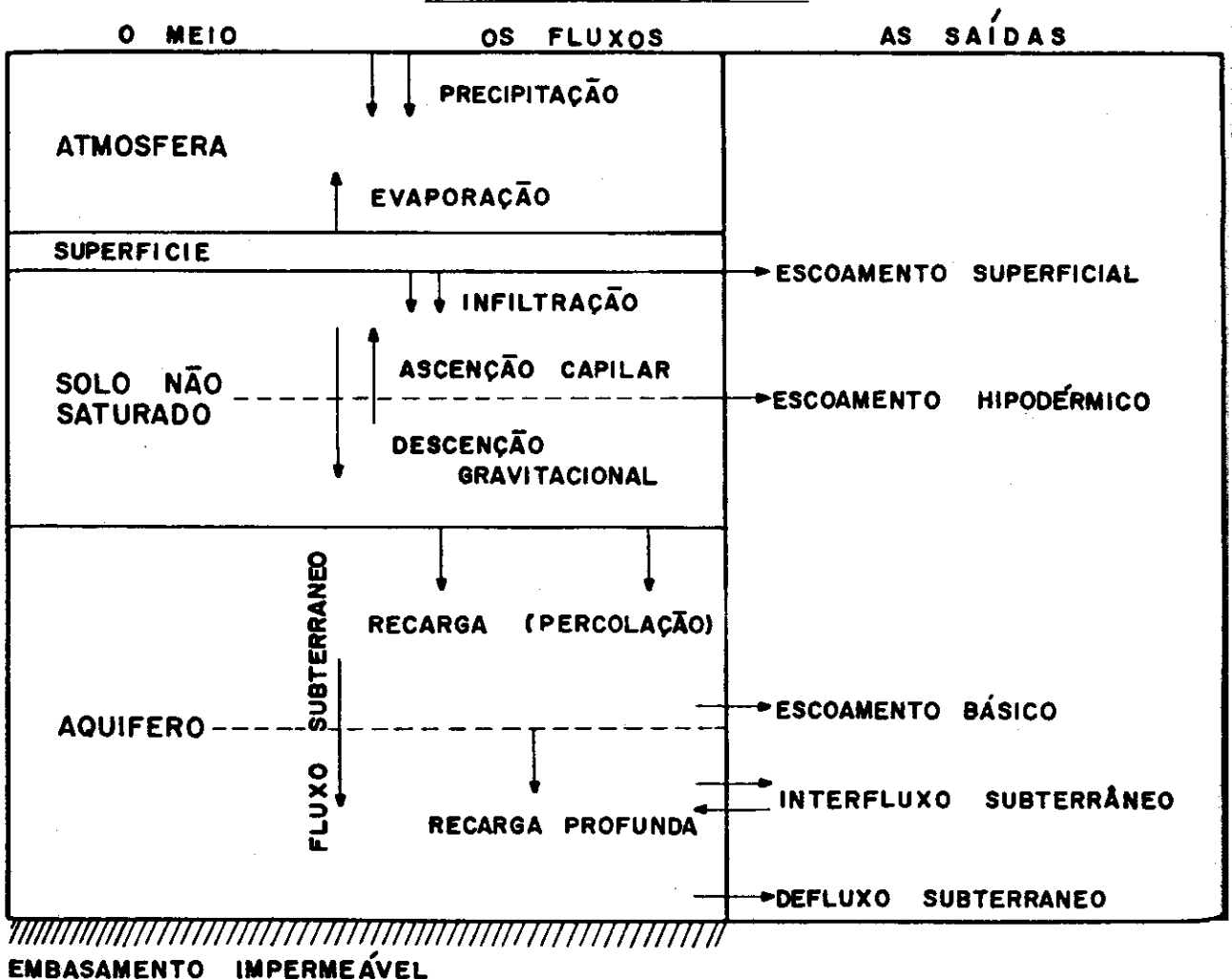
tem valores reduzidos, dependendo da disponibilidade de água no solo e da retenção capilar.

A água acumulada nos aquíferos flui tanto para os rios, na forma de escoamento básico, quanto para as camadas mais profundas, segundo a capacidade de transmissão dos aquíferos.

Assim, as saídas do sistema são o escoamento superficial, hipodérmico, básico, e a recarga profunda, além da evaporação efetiva. A determinação, pelo modelo, dos componentes do sistema e de suas saídas depende das diversas características físicas da bacia, tais como o grau da umidade do solo, a capacidade de retenção volumétrica e as características de transmissão de água nas camadas.

Os processos acima são calculados pelo balanço hídrico diário. O escoamento superficial-torrencial é diretamente relacionado com

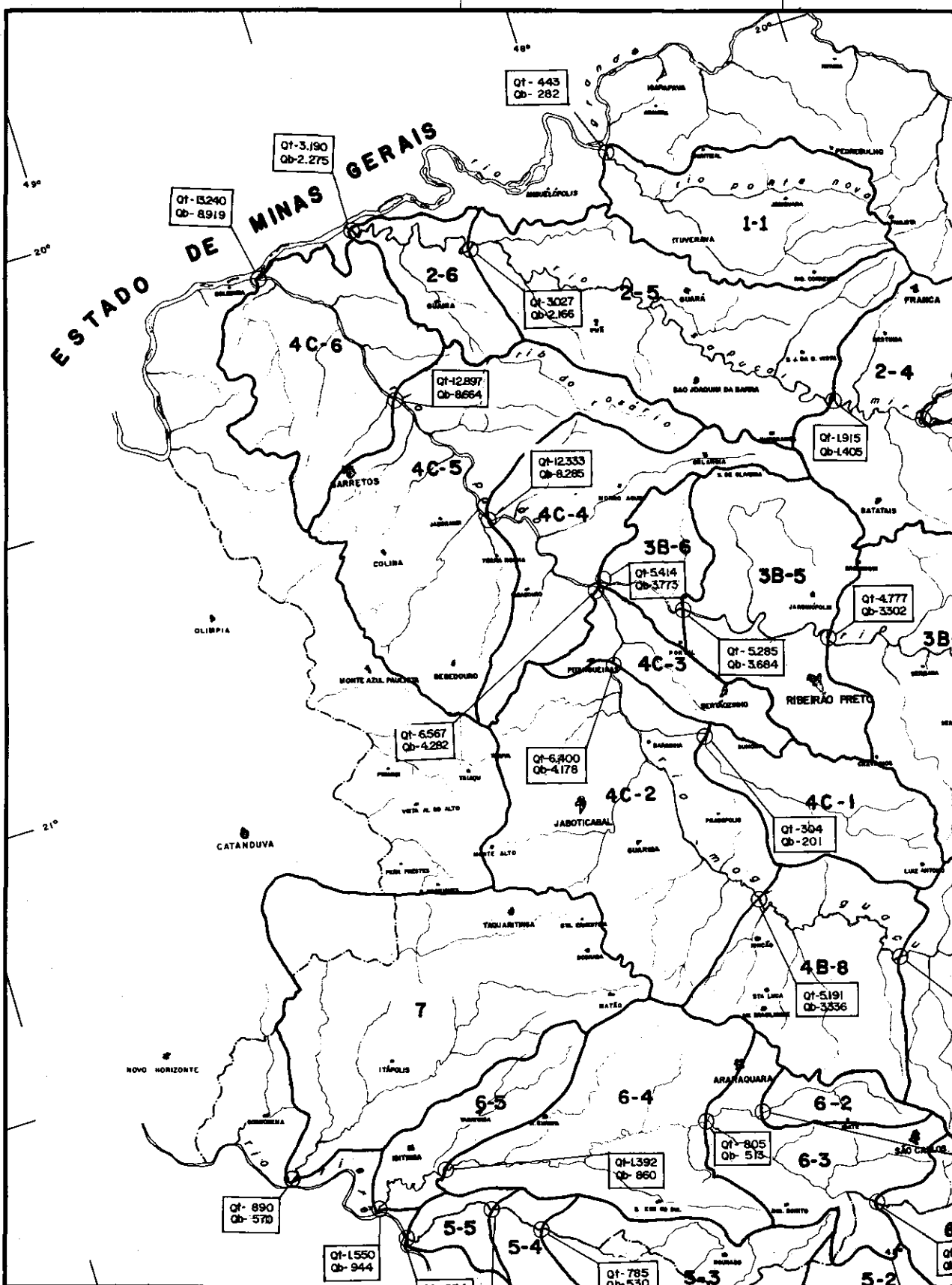
CIRCULAÇÃO ESQUEMATIZADA DA ÁGUA NO SOLO E AQUIFERO



RESUMO DAS AVERIGUAÇÕES NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS

B A C I A	ÁREA DAS FORMAÇÕES GEOLÓGICAS (Km ²)					Área Superficial Permeavel	Precipi- tação	Escoamento Total	Escoamen- to Básico	Reserva Ativa
	BAU	BAS	BOT	PIR	CRIST	A ₁ +A ₂ (Km ²)	P (10 ⁶ m ³ /a)	Q (10 ⁶ m ³ /a)	QB (10 ⁶ m ³ /a)	V ₁ +V ₂ (10 ⁶ m ³)
RIO DO CARMO 1-1	451	750	-	-	-	661,0	1.679,96	442,9	281,8	136,33
RIO SAPUCAI 2-1a6	646	3546	247	971	1235	4123,0	9656,9	3189,5	2274,2	1005,53
RIO PARDO 3A-1a7	-	-	-	-	4527	2821,0	6709,1	2485,5	1726,8	906,27
3B-1a6	227	2275	912	1417	3257	4950,0	11075,4	2928,8	2046,2	1533,48
RIO MOGI GUAÇU 4A-1a7	-	-	-	-	3872	1882,7	6536,4	1848,3	1068,6	578,16
4B-1a8	575	338	1660	1438	5809	6079,0	12972,1	3342,9	2267,4	1232,27
RIO PARDO-MOGI 4C-1a6	3516	5416	195	-	-	5532,0	11418,2	2634,1	1808,2	1338,88
RIO JACARÉ-PEPIRA 5-1a5	583	417	1079	413	63	1521,0	3445,3	934,1	642,2	384,35
RIO JACARÉ-GUAÇU 6-1a5	1487	729	1406	280	87	2180,0	5496,6	1550,4	944,0	837,62
RIO DOS PORCOS 7-1	2638	116	-	-	-	1626,0	3468,1	889,2	569,5	403,48
T O T A L	10123	13587	5499	4519	18850	31375,7	72458,0	20245,7	13628,9	8356,37

ESTADO DE MINAS GERAIS

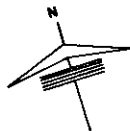


IDENTIFIC. Nº	DATA	ENTREDA DA ESTACA	CONTAGEM	PROFUND.	APRESENT.	QUANT. DE ESTACAS	DATA	TIPO	Nº DE PÊSO	REMARKS

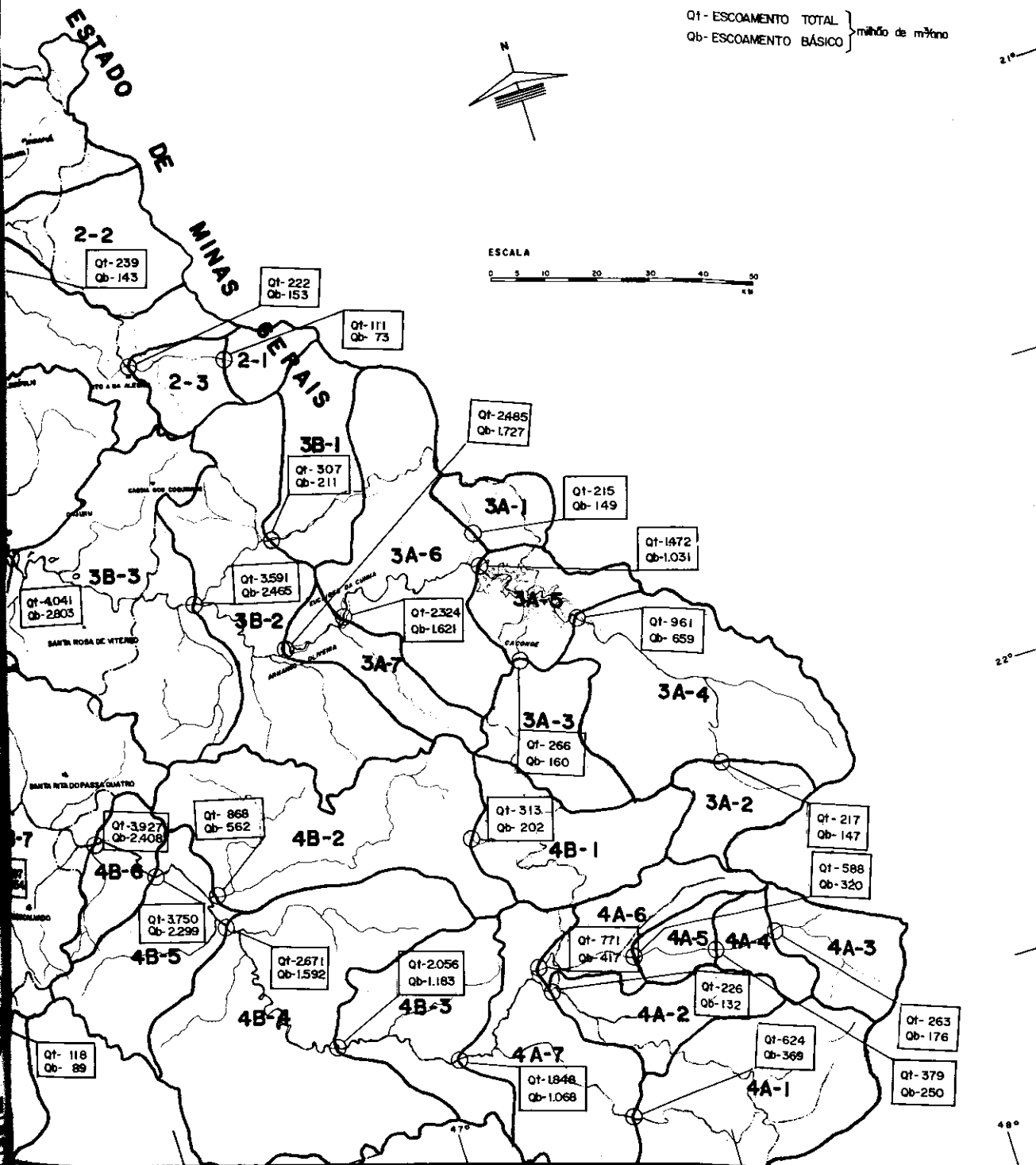
RIBEIRÃO PRETO SEDE REG
 BARRETOS SEDE SUB-
 MATÃO SEDE CIDA
 5- CIDADE
 LIMITE DO ESTAD
 LIMITE DA REGIÃO
 DIVISOR DE ÁGUA

LEGENDA

Qt- ESCOAMENTO TOTAL } milhão de m³/ano
 Qb- ESCOAMENTO BÁSICO }



ESCALA



RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO
 REGIÃO ADMINISTRATIVA Nº 6 - RIBEIRÃO PRETO

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD-GEOPESQUISADORA BRASILEIRA

PROJETO	F. MERO C. RUGGIERO	APROVADO	
DESENHO	MASANOBU SESOKO		
VERIFICADO	O. TAKATSUHI		
DATA	AGOSTO/1973		

GRÁFICA

ESCALA

DAEE

SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
 DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
 DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTRÔLE
 DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL

BACIAS E ESCOAMENTOS MEDIOS

a chuva diária mais a evaporação diária, que não tem muita influência sobre essa fase de escoamento. A retirada de água pela evaporação ocorre principalmente no solo e regula de maneira mais uniforme a umidade do mesmo, o que, por sua vez, regula a infiltração profunda (recarga).

Analisando os dados diários de vazões e chuvas, junto com as variações dos níveis da água subterrânea (nos poços de observação), é possível determinar os parâmetros necessários para o funcionamento do modelo.

Pelo confronto de períodos simultâneos de dados diários confiáveis, foram fixados os seguintes critérios gerais para alimentar os modelos.

a) Seleção de um período de quatro anos de dados fluviométricos confiáveis, dos postos fluviométricos de controle.

b) Seleção de um posto pluviométrico índice para sub-bacias tributárias, com pelo menos dez anos de observação, englobando o período confiável de dados fluviométricos.

c) Adotaram-se como período de calibragem os quatro anos de dados simultâneos de chuva e vazão; a calibragem consistiu em proceder a modificações nos parâmetros, até ajustar satisfatoriamente os valores de vazão calculados aos observados. Nesta fase foi dado peso maior aos escoamentos básicos (de origem subterrânea), tendo em vista as finalidades do projeto.

d) Inicialmente, cada sub-bacia foi calibrada separadamente (programa MM01), após o que se passou à simulação de um conjunto de sub-bacias (através do programa MM08) que, consideradas de forma integrada, constituem uma bacia. Assim, todas as bacias foram simuladas durante um período de dez anos, abrangendo no total uma área de cerca de 53 mil km².

Resultados e interpretação

As análises e cálculos efetuados nos itens precedentes serviram de suporte à simulação do balanço hídrico diário no período de dez anos (1961 a 1970-71), abrangendo a região inteira. Na tabela foram resumidas as conclusões das oito bacias principais. O escoamento total e o básico são mostrados no mapa hidrológico.

Observaram-se um regime de não-simultaneidade da chuva diária e a insuficiência de dados representativos nas várias sub-bacias. Quanto aos dados fluviométricos, os erros deveram-se principalmente à definição dos períodos de validade da curva-chave. A dispersão dos pares dos valores "cota-vazão" acha-se entre 10% e 30%. Outra fonte de erro nos da-

dos observados é a determinação da cota média diária (especificamente nos períodos das cheias) ou a própria falta de observação.

De modo geral, todos os rios possuem uma considerável reserva subterrânea que os alimenta de maneira contínua, mesmo durante prolongado período de dias secos. Este fato indica a existência de camadas mais ou menos permeáveis, quase em todos os tipos de formações, nas várias bacias. A proporção entre a vazão de estiagem e a vazão total anual dos rios está compreendida entre 50% e 75%.

O fato também serve para indicar a existência de reservas de água no subsolo, as quais se encontram nas camadas mais próximas da superfície, com a base de drenagem localizada no leito dos rios.

Quanto à recarga profunda calculada, deve-se observar que esta é considerada como excesso da recarga que não alimenta o escoamento básico dos rios dentro dos limites de uma dada bacia.

Pode ocorrer passagem subterrânea de água de uma bacia a outra (quer ao longo das vazões, quer sobre camadas impermeáveis), sem reaparecer na superfície, e assim adicionando-se até encontrar condições geológicas favoráveis para infiltração mais profunda, recarregando os aquíferos mais importantes. Isso pode também acontecer em formações decompostas cristalinas e basálticas.

Avalia-se que a metade da recarga profunda aparente alimenta também os rios da periferia.

Deve-se notar, igualmente, que os valores da recarga profunda aparente calculados pelo modelo não apresentam possibilidade direta de controle. Por outro lado, os valores são geralmente pequenos (representam uma pequena porcentagem em relação ao volume precipitado total, variando de 0,8% a 4,7%). Assim, a precisão desses valores deve ser encarada com certa reserva.

O balanço hídrico na área em estudo resultou, sumariamente, nas seguintes quantidades:

Chuva total na área: 72.450 milhões de metros cúbicos (Mmc) por ano.

Vazão total dos rios: 20.245 (Mmc/ano (média de 660 m³/s).

Vazão básica total: 13.630 Mmc/ano (média de 450 m³/s).

Recarga profunda aparente: 1.880 Mmc/ano.

Área total de drenagem: 52.700 km²; vertente do rio Grande, 43.300 km², vertente do rio Tietê, 9.300 km².

Na média, o escoamento total é da ordem de 30% da chuva, com uma tendência para-

lela à da chuva anual, ou seja, com maiores valores na parte de montante das bacias.

As áreas permeáveis, das quais se originam as vazões básicas, totalizam cerca de 60% da área total. Nesta área há uma infiltração média de 420 mm/ano. A recarga profunda calculada no modelo é um volume relativamente pequeno, comparado aos outros componentes do ciclo hidrológico. Uma possível explicação desta ínfima ordem de grandeza pode provir do fato de que o fluxo subterrâneo é um processo muito lento e, assim, armazenando quantidades de água acima do nível de base de drenagem dos rios, esta provoca preferencialmente um escoamento pelo leito do rio e apenas uma fração deste sobrearmazenamento escoia subterraneamente.

GEOLOGIA

A Região Administrativa de Ribeirão Preto e a Zona Hidrográfica n.º 7, do Estado de São Paulo, situam-se quase que integralmente, na borda oriental da bacia do Paraná. A bacia intracratônica do Paraná ocupa, no Brasil, uma área de cerca de 1 milhão de km², estendendo-se ainda pelo Paraguai, Uruguai e Argentina. Abrange parte dos Estados de Goiás, Minas Gerais e grandes áreas dos Estados de Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O eixo da bacia é o rio Paraná, que a divide quase simetricamente.

A espessura total dos sedimentos no centro da bacia é estimada em 5 mil m. Na parte do Brasil, os primeiros registros sedimentares datam do devoniano (grupo Paraná), assentado em discordância com o embasamento cristalino, seguindo-se os grupos Tubarão, Passa Dois, São Bento e Bauru.

A última transgressão marinha deu-se no devoniano, marcando o grupo Paraná como o único com sedimentos marinhos, sendo todos os outros de ambiente continental. A bacia foi afetada por tectonismo, principalmente do tipo falhamento em bloco, com intensa atividade vulcânica e manifestações de soerguimento e subsidência. Particularmente na borda oriental, efeitos de soerguimento e erosão determinaram um registro sedimentar incompleto na área.

O mapeamento geológico de detalhe foi realizado no Nordeste do Estado, abrangendo toda a Região n.º 6, mais parte da Zona Hidrográfica n.º 7, indo um pouco além dos limites estaduais. Foram confeccionados dois mapas geológicos em escala de 1:250.000 e 1:500.000.

Estratigrafia e litologias

A coluna lito-estratigráfica mostra que na

área ocorrem rochas sedimentares diversas e rochas magmáticas (extrusivas e intrusivas). As rochas sedimentares mais antigas (paleozóico) serão discutidas menos detalhadamente, uma vez que o trabalho está voltado principalmente para as formações interessantes sob o ponto de vista hidrogeológico (mesozóico).

Estruturalmente, a área caracteriza-se como uma grande monoclinial com as camadas inclinando-se levemente em direção à calha do rio Paraná. A drenagem é realizada principalmente pelos rios Grande, Pardo, Mogi-Guaçu e Sapucaí, que correm para oeste e noroeste, seguindo esta estrutura regional. Uma secção geológica transversal mostra as feições estruturais principais.

Por ser uma área marginal da bacia do Paraná, em que os processos erosivos foram mais intensos, encontra-se na área um registro sedimentar do tempo geológico muito incompleto.

Embasamento cristalino

Os pacotes de rochas sedimentares da área repousam sobre o embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, que é constituído de rochas metamórficas, sobretudo micaxistos e quartzitos a nordeste, e gnaisses mais a sudeste. Sua faixa de exposição corresponde ao limite este da área.

Rochas sedimentares do paleozóico

O paleozóico é representado na região por uma pequena faixa de afloramento no campo sudeste. Constitui-se das formações Aquidauana (arenitos), Tatuí (siltitos e arenitos finos) e Estrada Nova (siltitos).

Rochas sedimentares e magmáticas do mesozóico

As rochas do mesozóico ocupam mais de 90% da área. Estão representadas pelas formações Pirambóia (arenitos, argilas), Botucatu (arenitos), Serra Geral (basaltos) e Bauru (arenitos argilosos e arenitos calcíferos).

1) Formação Pirambóia

Esta formação é constituída principalmente por arenitos de granulação fina e matriz silto-argilosa (em torno de 20%) que se depositaram durante o jurássico-cretáceo. Sua máxima espessura de 300 m é dividida em dois membros.

O membro inferior é mais argiloso, com predominância de estratificação plano-paralela e cruzada acanalada de pequeno porte. Sua

COLUNA ESTRATIGRAFICA - BACIA DO PARANA-ESTADO DE SÃO PAULO-REGIÃO ADMINISTRATIVA 6

CRONOESTRATIGRAFIA			LITOESTRATIGRAFIA								
ERA	SISTEMA	SÉRIE	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	SÍMBOLO	LITOLOGIA	SURF. MÁX.	CARACTERÍSTICAS		
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO					Q		50m	TALUDE, ALUVIÕES, ELUVIÕES E AREIAS MAL CONSOLIDADAS. ALTERNÂNCIA DESDE CASCALHOS ATÉ ARGILAS.		
	TERCIÁRIO							50m	TERRAÇOS ARENITOS VERMELHO TIJOLO, VARIAÇÃO DESDE CONGLOMERADO A LAMITOS COM ESTRAT. PLANOPARALELA.		
MESOZÓICO	CRETÁCEO	SUP.	BAURU	BAURU	?	Kb		200m	ARENITOS, SILTITOS, ARGILITOS, CONGLOMERADOS COM OU SEM CIMENTO CALCÁRIO. ESTRUTURAS: MACIÇA, GRADUAL E ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.		
		INF.		SERRA GERAL			KJsg		800m	DERRAMES BASÁLTICOS E INTRUSÕES DIABÁSICAS. NOS BASALTOS OCORREM ARENITOS INTERTRAPIANOS.	
	JURÁSSICO		SÃO BENTO	BOTUCATU			Kjb		120m	ARENITO FINO A MÉDIO HOMOGÊNEO DE ORIGEM EÓLICA COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DE PORTE MÉDIO E GRANDE, PERCENTAGEM DE FINOS < 10%.	
	TRIÁSSICO	SUP.			PIRAMBÓIA			Tjp		300m	ARENITOS ARGILOSOS COM PERCENTAGEM DE FINOS ENTRE 5% E 20% LAMINAS DE ARGILA E SILTE. PARTE INFERIOR COM MAIOR TEOR DE LAMA.
		INF.								ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA E ESTRUTURA MACIÇA DE ORIGEM FLUVIO LA-CUSTRE.	
PALEOZÓICO	PERMIANO	SUP.	PASSA DOIS	ESTRADA NOVA	Terezina S. Alta	Pen		90m	ARENITOS CALCÁRIOS, SILTITOS E FOLHELHOS ROSEOS E ARROXEADOS COM NÍVEIS DE SILEX E ESTRUT. ESTROMATOLÍTICAS. ARENITOS, MATRIZ ARGILO SILTICA, C/ OU SEM CALCÁRIO SILTITOS E FOLHELHOS ES-VERDEADOS, ESTR. PLANO-PARALELA OU CRUZADA DE PEQ PORTE.		
		MÉDIO		TATUI				80m	SILTITOS ARENOSOS DE COLORAÇÃO CINZA ESBRANQUIÇADA INFERIOR PAS-SANDO A VERMELHO TIJOLO E COM LAMINAÇÃO IRREGULAR.		
		INF.		ITARARÉ				60m	ARENITO AMARELADO COM INTERCALAÇÕES DE SILTITOS E FOLHELHOS RITMÍ-COS, DIAMICTITOS, ESTRUTURAS MACIÇAS GRADACIONAIS E ESTR. CRUZADA.		
	CARBONIFERO	SUP.	TUBARÃO	AQUIDAUANA		PC		300m	ARENITO VERMELHO TIJOLO, MACIÇO, COM ABUNDANTE MATRIZ ARGILOSA, GRANULAÇÃO VARIÁVEL. ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA, ESTRAT. CRU-ZADA, LAMITOS, DIAMICTITOS E RITMITOS.		
PROTEOZOICO	PRÉ-CAMBRIANO		PINHAL ARAXÁ			pe			EMBASAMENTO CRISTALINO: MICAXISTOS, QUARTZITOS, GNAISSÉS, MIGMATITOS E GRANITOS.		

espessura é estimada em 100 m. O membro superior é caracterizado pela disposição de bancos de arenito pouco argiloso (até 6% de finos), sucedidos por bancos de arenitos mais argilosos, lamitos e argilitos arenosos, numa clara repetição cíclica, cujos ciclos são denominados respectivamente de fácies eólica, fácies de canal e fácies de transbordamento. Seu contato superior dá-se com os arenitos do Botucatu. Embora não houvesse muitos perfis (expostos ou de poços), achase que lâminas extraídas de argila-siltito separam, em vários lugares, o Botucatu do Pirambóia.

A caracterização granulométrica foi realizada através de uma análise de 69 amostras de diversos locais e fácies da formação, 28 das quais pertencem ao membro superior. Verifica-se que o diâmetro médio é de 0,113 mm, o que situa esses sedimentos na fração areia muito fina. Apenas algumas amostras (aproximadamente 30%) revelaram diâmetro médio de areia fina, embora próximo do limite com areia muito fina. O coeficiente de uniformidade das unidades arenosas é inferior a 6,0.

Dentro da área estudada (região administrativa e as bacias hidrográficas ligadas), a Formação Pirambóia aflora numa área de 4.500 km² segundo uma faixa irregular, estreita e alongada, em toda a extensão norte-sul, na porção oriental da área mapeada.

2) Formação Botucatu

Os arenitos da Formação Botucatu foram depositados em ambiente desértico, durante o jurássico superior. Caracterizam-se por sua granulção fina, por serem muito pouco argilosos (o teor de finos é menor que 10%), pela boa seleção dos grãos (essencialmente quartzoso) e pela estratificação cruzada. Camadas situadas próximo, ou entre derrames basálticos, apresentam-se silicificadas e duras.

Distinguem-se três fácies na Formação Botucatu:

a) Fácies torrencial. Ocorre predominantemente na parte basal da formação, apresentando-se sob a forma de corpos lenticulares, descontínuos, de arenitos conglomeráticos, com espessura inferior a 10 metros e extensão limitada a poucos quilômetros.

b) Fácies eólica. É a fácies mais comum da formação, caracterizando-se por uma notável homogeneidade de suas propriedades texturais e mineralógicas. São arenitos bem classificados, de granulção média a muito fina (fração fina dominante), grãos de bom arredondamento e esfericidade e teor de lama (silte + argila) inferior a 7%.

c) Fácies lacustre. As ocorrências desta

fácies têm caráter local, com pequena extensão e espessura.

De 34 análises granulométricas de diversas fácies da Formação Botucatu pode concluir-se que o diâmetro médio é de 0,176 mm (areia fina) e alta uniformidade (U médio menor que 3). A fácies eólica na Serra de Santana revelou diâmetros um pouco maiores (0,212 mm), mas em outros locais exibiu valores próximos à média geral. O fenômeno de silificação foi encontrado em alguns lugares.

A formação aflora no este e no sul, segundo uma faixa irregular (área total cerca de 5 mil km²), refletindo, em parte, arqueamentos locais e falhas, com uma espessura que varia, na região, de 60 m a mais de 100 m rumo ao centro da bacia. Na maior parte da região o arenito Botucatu mergulha no sentido oeste, abaixo dos derrames basálticos sobrejacentes.

3) Formação Serra Geral

Incluem-se na Formação Serra Geral os extensos derrames de basalto que se processaram durante o triássico-jurássico na bacia do Paraná e os arenitos eólicos interderrames. Afloram em uma área de 14 mil km², representando 40% da região mapeada.

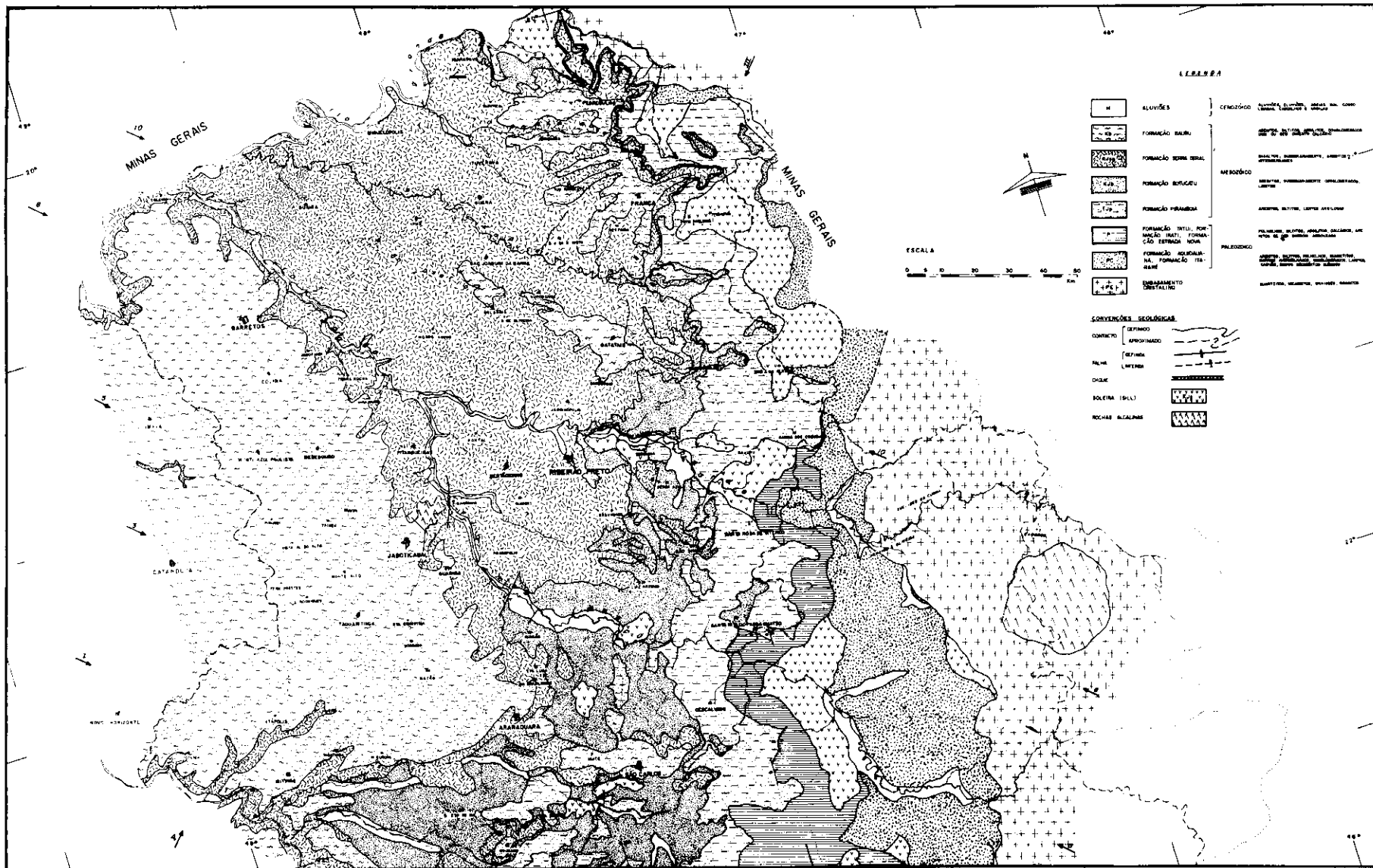
A formação constitui-se de sucessivos derrames de basalto, cuja espessura aumenta a partir da borda de ocorrência para oeste. Por exemplo, em Araraquara a espessura média de cada derrame está em torno de 30 m e, em Novo Horizonte, em torno de 60 m.

As espessuras totais do conjunto de derrames basálticos variam muito. De modo geral, o aumento de espessura se dá de este e sudeste para oeste: em Araraquara alcança cerca de 150 m, em Jaboticabal 300 m, em Novo Horizonte 400 m, em Barretos 600 m e em Olímpia 800 metros. Próximo ao contato Serra Geral-Botucatu ocorrem arenitos interderrames, atingindo espessura de até 50 m.

Os basaltos têm ocorrência extensiva no vale do rio Pardo. De modo geral, afloram em faixas estreitas associadas aos vales mais profundos. Neles se desenvolvem solos espessos e férteis, os latossolos roxos, constituindo-se na maior área contínua de "terra roxa" em todo o Estado.

4) Formação Bauru

A Formação Bauru apresenta ocorrência extensiva e contínua a oeste do rio Pardo. Na parte este deste rio, as ocorrências desta unidade se apresentam sob a forma de cobertura fina remanescente nos espigões (Franca-Pedregulho, Serra de Franca, São Carlos e Arara-

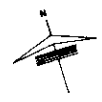
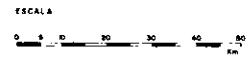


LEGENDA

- | | | | |
|--|--------------------|------------|--|
| | ALUVIÕES | CENÓZOICO | ALUVIÃO, ELUVIÃO, AREIA, M. COCO, CASCA, LAMBELO, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO SAO PAULO | | ARENITO, SILTITO, ARGILA, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO RIBEIRÃO | MESOZOICO | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO BOTUCATU | | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO PIRAMBÓIA | PALEOZOICO | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO ITAIPUA | | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO ITAIPUA | | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |
| | FORMAÇÃO ITAIPUA | | ARENITO, S. GERAL, S. GERAL, S. GERAL |

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- | | | |
|------------------|------------|--|
| CONTINHO | DEFINIDO | |
| | APROXIMADO | |
| FALHA | DEFINIDA | |
| | APROXIMADA | |
| DIQUE | | |
| SOLEIRA (SILL) | | |
| ROCHAS ALCALINAS | | |



<p>RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÃO ADMINISTRATIVA MP8 - RIBEIRÃO PRETO</p>		<p>TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA</p>		<p>DAEE</p> <p>SECRETARIA DOS SERVIDOS E OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DIVISÃO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL</p>
<p>RIBEIRÃO PRETO SEDE REGIONAL BARRETOIS SEDE SUB-REGIONAL MATAO CIDADE</p> <p>----- LIMITE DO ESTADO ----- LIMITE DA REGIÃO ----- DIVISOR DE ÁGUA</p>		<p>BRÁFICA</p> <p>MAPA GEOLÓGICO (SIMPLIFICADO)</p>		

quara) e nos principais interflúvios (Batatais, Orlandia). Nestas áreas, as litologias dominantes são arenitos de granulação diversificada, mal selecionadas argilosas, às vezes conglomeráticas. Na parte oeste do rio Pardo há uma sensível mudança litológica, isto é, ocorrem arenitos duros com cimento calcífero que mantêm escarpas como a Serra de Jaboticabal. A área total de ocorrência é de 10.000 km², ou seja, 30% da região estudada.

Na região, a Formação Bauru constituiu-se de dois pacotes (inferior e superior). As características de um e outro pacote são bastante similares, porém no pacote superior a cimentação por carbonato de cálcio é intensa e no inferior os arenitos raramente são cimentados (levemente). A profundidade máxima atinge 150 m.

A análise de catorze amostras de sedimentos granulares da Formação Bauru revela que o diâmetro médio é de 0,225 mm, o que situa estes sedimentos na fração areia fina, porém próximo ao limite com areia média. O coeficiente de uniformidade é variável, com a média de 5,3. Apenas 11% de finos se encontraram nas amostras.

A Formação Bauru jaz sobre os derrames basálticos. A superfície de contato apresenta um gradiente de inclinação de 1 a 2 metros por km, de NE-SW. Sua idade é atribuída ao cretáceo superior.

Sedimentos cenozóicos

Os sedimentos arenosos mais modernos da área apresentam-se mal selecionados, pouco coerentes e com estrutura incipiente. Ocorrem em manchas descontínuas, associadas a interflúvios ou espigões.

Foram identificados três níveis topográficos capeados por estes sedimentos. O mais alto situa-se nas cotas 900-1.200 m (Planalto de Pedregulho, Serra de Franca); o nível intermediário nas cotas 700-900 m (regiões de Altinópolis e Batatais) e os níveis topográficos inferiores (500-650 m) praticamente desenvolvidos pelos rios Pardo e parte este do Sapucaí, capeando o topo dos interflúvios.

Rochas magmáticas intrusivas

O nordeste da região apresenta uma ocorrência incomum de rochas intrusivas (diabásios) sob a forma de extensos corpos concordantes (sill). Estas intrusões de diabásio estão mais freqüentemente associadas ao arenito Pirambóia.

O mais extenso e espesso sill da região aparece desde o sul da área (Santa Cruz das

Palmeiras) até o extremo norte (Igarapava), apresentando-se ramificado (Serrana, Cajuru). A maior parte dos vales é esculpida sobre estas intrusivas. Uma ocorrência de rocha alcalina com área de 40 km² foi delimitada nas proximidades de Jaboticabal.

Tectônica e estrutura

Os traços estruturais da região mapeada são relativamente simples. Lineamentos são observados com alguma constância, representando fraturas ou falhas. Na área de ocorrência da Formação Bauru não se encontram evidências de falhamentos mas notam-se, freqüentemente, zonas de concentração de juntas mais para este. São observadas, na área de ocorrência das unidades anteriores ao vulcanismo basáltico, deslocamentos devidos a falhas e arqueamentos das camadas do tipo flexura, domos ou bacias estruturais.

As falhas mapeadas localizam-se na borda este da bacia do Paraná e algumas incluem mesmo pequenas porções do embasamento. As principais zonas de falhas mapeadas são:

□ No sistema Santa Rita-Tambaú as direções das principais falhas são W-NW e NNE e os blocos rebaixados estão para N e NW.

□ A zona de falhas Descalvado-Santa Cruz da Conceição é formada por falhas com direção entre N 20° E e N 70° W, com os blocos baixos para oeste. Seus rejeitos são inferiores a 50 m. Em sua maior parte, os falhamentos associam-se a diques e "sills" de diabásio.

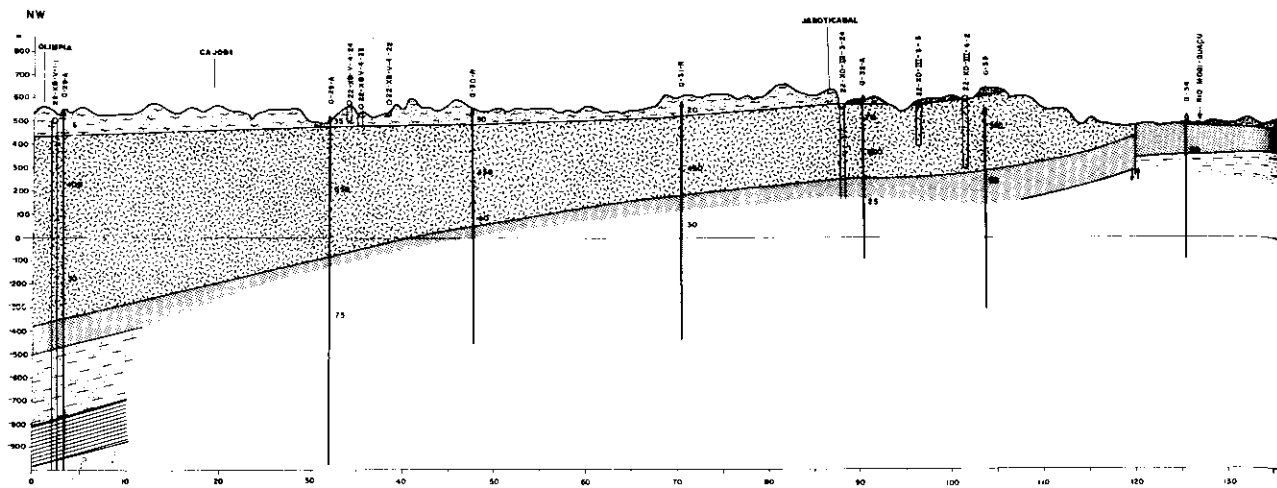
□ A área São Simão e Serrana é caracterizada por vários falhamentos, com direções preferenciais N-NW, a maior parte deles constituindo o contato Botucatu-Serra Geral.

□ Na região compreendida entre Cajuru e Santa Rosa do Viterbo ocorre quase uma dúzia de falhamentos, sendo que três quartos deles estão orientados para N 40° W a N 50° W; os demais têm direção nordeste. Estão freqüentemente associados a "sills" de diabásio, no contato Botucatu-Pirambóia.

Os pacotes sedimentares que compõem a bacia do Paraná apresentam, na região mapeada, mergulhos suaves (1 grau ou menos) para oeste. O basculamento de blocos, causado por falhamentos ou por intrusão de "sills" de diabásio, produz mudanças dos mergulhos em áreas definidas. Os pacotes sedimentares configuram uma estrutura dominante de monoclinal, com direção NE-SW, mergulhando suavemente rumo à calha do Rio Tietê.

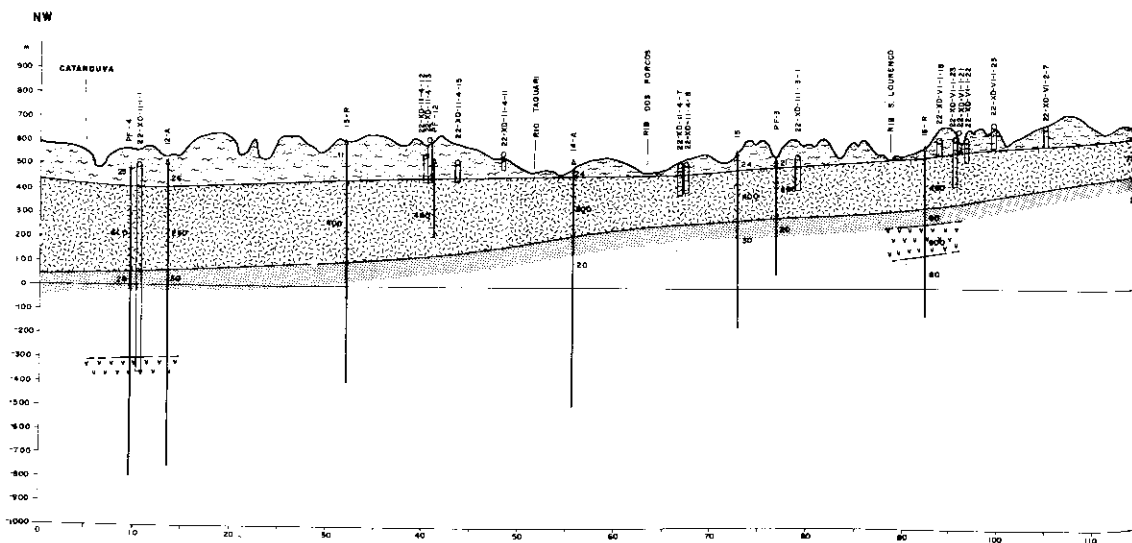
Na área de ocorrência das formações anteriores ao vulcanismo basáltico, ocorrem feições estruturais localizadas, tais como: arqueamen-

SECCÃO GEOLÓGICA Nº

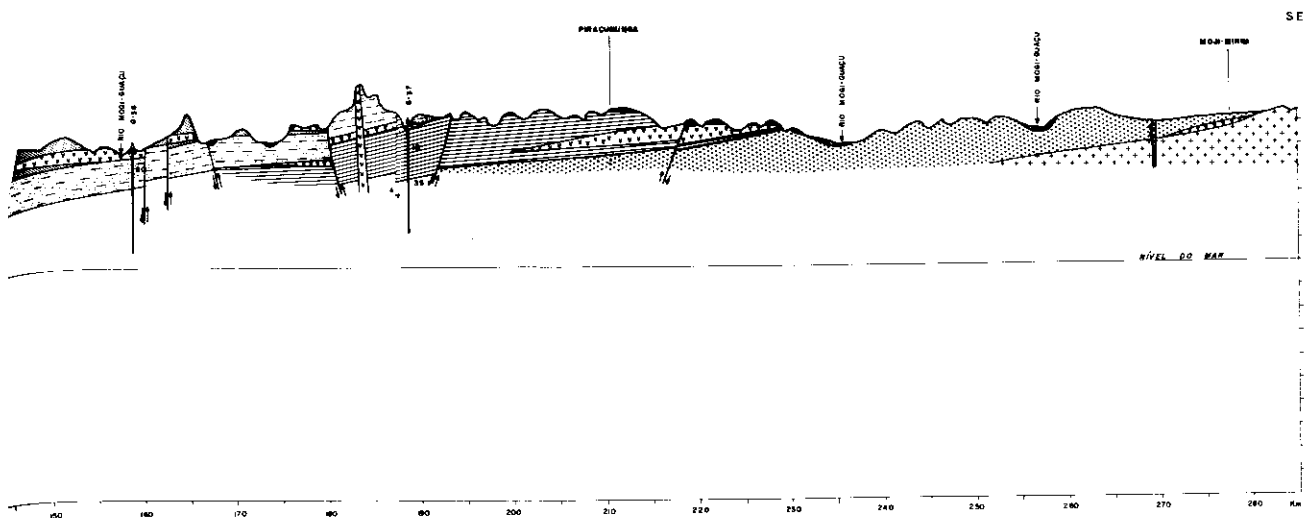


SECCÃO GEOLÓGICA Nº 3 - DE CATANDUVA

SECCÃO GEOLÓGICA Nº 3

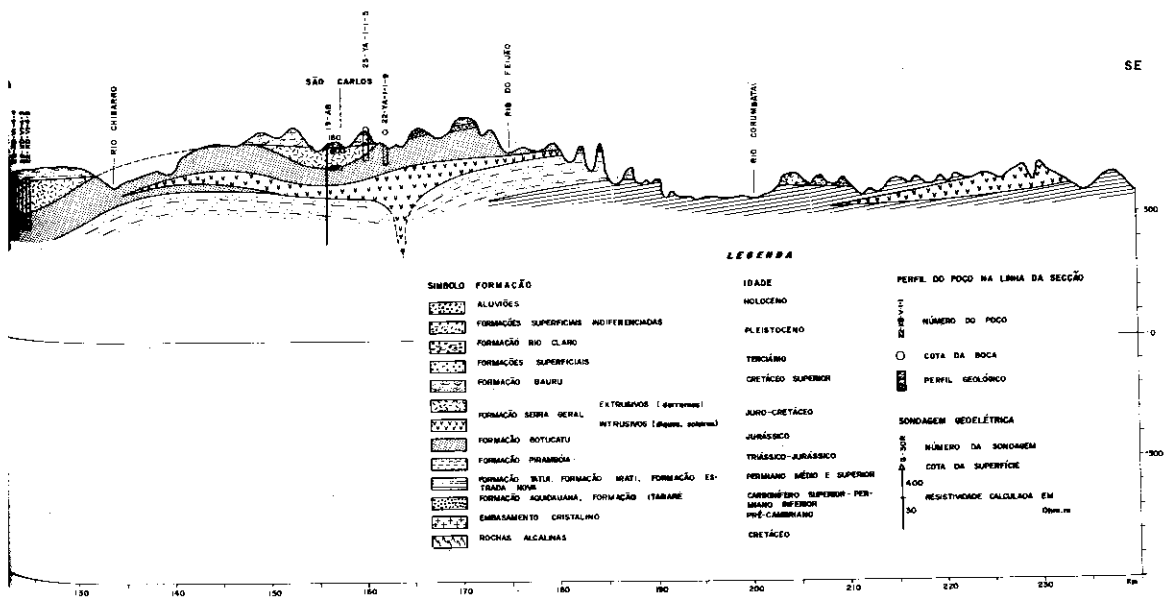


APIÁ A MOGI-MIRIM



SÃO CARLOS

CATANDUVA A SÃO CARLOS



tos das camadas do tipo flexura, altos estruturais e bacias.

Áreas de suaves dobramentos foram identificadas entre Rincão e Guataparã e a sudeste de Araraçuaçu, seguindo o vale do rio Jacaré-Guaçu. Altos estruturais ocorrem em Altinópolis, em Santa Eudóxia e Jacaré-Guaçu. A área de Ribeirão Preto corresponde a uma pequena bacia estrutural. Mais para oeste, na área onde o pacote Botucatu-Pirambóia se acha recoberto pelos derrames basálticos, o exame de mapa de contorno estrutural do topo do Botucatu mostra que este horizonte não é uma superfície plana, mas ondulada.

Geofísica

Com base no trabalho de campo, na correlação com poços existentes e poços de pesquisas do projeto e em trabalhos anteriores, foi feita uma interpretação do estudo geofísico.

As 130 sondagens geo-elétricas (do método superfície-resistividade) feitas na área apresentaram resistividades específicas e distintas para as três litologias principais que ocorrem na área: Bauru, Basalto e Botucatu. A grande diferença em litologia entre os basaltos, por um lado, e as formações Bauru e Botucatu, por outro lado, é bem refletida nas resistividades elétricas, sendo definidos os contatos entre essas formações.

No Bauru, a resistividade é bastante baixa (entre 10 e 50 ohm — m) e reflete a composição de arenito, arenito argiloso e com cimento carbonático. A correlação das resistividades com a litologia é boa e o contato com os basaltos é bem definido pelas sondagens.

O basalto tem, em geral, resistividades específicas muito altas (a média é 480 ohm — m, mas com intervalo de 150 a 900 ohm — m), correspondente a suas características litológicas: rocha compacta, dura e densa, com pouca porosidade. Só uma pequena parte dos derrames, composta de rochas meteorizadas com camadas finas de argila, tem uma resistividade mais baixa. As camadas mais porosas que correspondem às partes superiores dos derrames e basaltos fraturados podem também ter uma resistividade relativamente baixa.

As resistividades altas não são características só dos derrames de basalto, mas também das intrusões diabásicas que se encontram dentro das várias formações abaixo dos derrames.

As formações Botucatu-Pirambóia não puderam ser separadas dentro das sondagens geofísicas, pois têm características geo-elétricas similares. Isto foi constatado em sondagens feitas sobre afloramentos de Pirambóia e em sondagens profundas que atravessaram

o complexo Botucatu-Pirambóia; obteve-se uma variação de resistividades entre 10 e 120 ohm — m, mas a maioria mostra uma variação entre 10 e 70 ohm — m, com uma resistividade média de 55 ohm — m. Essa resistividade é mais alta que a obtida no grupo Bauru, refletindo o menor conteúdo de argila no complexo Botucatu-Pirambóia.

Não se pode separar nas medições geofísicas as formações mais antigas do paleozóico do complexo Botucatu-Pirambóia. Isso provavelmente, por não possuírem características suficientemente diferentes do arenito Pirambóia.

As grandes resistividades dos basaltos formam um contraste com as resistividades do grupo Bauru e das formações Botucatu-Pirambóia, permitindo o uso suficiente do método geo-elétrico para estabelecer os contatos entre essas formações. A correlação com os perfis dos poços existentes na área e os poços perfurados para o projeto mostra que o contato entre o grupo Bauru e os basaltos pode ser definido com grande exatidão pelas sondagens geo-elétricas.

Por outro lado, parece que a profundidade do contato Basalto-Botucatu pode ser definida com exatidão somente onde o basalto não é espesso demais. A grandes profundidades e quando as diferenças da resistividade entre o Botucatu e o Basalto não são muito grandes, há dificuldade em definir o contato entre eles.

Geoquímica

Com a finalidade de determinar o comportamento químico das águas subterrâneas e as evoluções dos vários elementos das águas nas diversas formações, foram compilados em mapas os resultados das análises químicas e processados pelos métodos de Schoeller-Berkaloff, utilizando os seguintes elementos e parâmetros: sólidos totais dissolvidos, sílica, sódio, sulfato, cloreto, cálcio, magnésio, potássio, relação Mg/Ca, pH e temperatura. Esses exames, mais os de fluoreto, nitratos, ferro, boro e SAR, permitiram verificar a potabilidade das águas subterrâneas e seu uso para irrigação.

Em todos os aquíferos da região, as águas subterrâneas apresentam um conteúdo relativamente baixo de sais, que raramente ultrapassa 200 mg/1 de STD, correspondente ao clima chuvoso da área e ao caráter litológico dos aquíferos que contribuem com poucos sais nas águas subterrâneas em seu fluxo. As águas possuem também as seguintes características:

Alto conteúdo de sílica.

pH baixo, entre 4,3 e 7,5, excetuando o aquífero Botucatu na sua parte confinada.

□ Alto teor de sódio em relação aos outros cátions na maioria das águas.

□ Baixo teor de cloretos e especialmente de sulfatos em relação ao teor de carbonatos e bicarbonatos.

As características geoquímicas e físicas das águas são resumidas a seguir. As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) variam de 18 a 200 mg/1 no Bauru, 44 a 280 mg/1 no Basalto e 22 a 150 mg/1 no Botucatu. No basalto na faixa oeste da região, e em lençóis profundos e confinados do Botucatu, pode-se aumentar o teor de STD. A relação média STD — condutividade elétrica de todas as análises foi determinada em cerca de 0,8 na faixa central.

Os valores médios de sílica nos aquíferos são: no Bauru, 24 mg/1; no Basalto, 32 mg/1; no Botucatu, 19 mg/1.

O relativamente alto teor de sódio é mais acentuado nos aquíferos basálticos onde a média é 15 mg/1 (e a porcentagem relativa aos outros cátions chega a 30%-50%). No Botucatu e no Bauru a concentração é ao redor de 5 mg/1, com porcentagem menor que na água do Basalto.

A média do pH do campo dá os seguintes valores: Bauru, 5,2; Basalto, 6,0; Botucatu, 5,2. Os pH médios são representativos da parte freática dos aquíferos onde se encontra a maioria dos poços da região.

Esse pH baixo em todos os aquíferos, na parte freática, é devido a um alto conteúdo de CO₂ livre, fenômeno típico de zonas tropicais. Depois de fluir no aquífero, a água tem sua acidez diminuída, principalmente por causa da dissolução dos minérios.

Nos casos extremos, como em Catanduva, o alto conteúdo de sódio, devido provavelmente à troca de base, causa uma reação alcalina.

As temperaturas nas águas do Bauru variam de 22° a 26°C; do Basalto, de 22° a 29°C; do Botucatu, de 22° a 30°C. As temperaturas em geral aumentam para oeste e com a profundidade. A temperatura mais alta se encontra no poço profundo de Catanduva (onde o aquífero Botucatu se situa em 480 a 800 m).

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Aquíferos e suas propriedades

As quatro formações geológicas encontradas na região Botucatu, Pirambóia, Basalto e Bauru constituem aquíferos de água subterrânea que foram investigados profundamente no âmbito do projeto.

Um aquífero ou sistema hidrogeológico é definido pelos seus limites e sua geometria, pelas características hidrodinâmicas, fluxos de entrada (recarga), bem como pelas variáveis de estado que descrevem a situação do aquífero em cada instante (superfície piezométrica, quantidades em estoque, qualidade, meios de extração, etc.). A fim de operar o sistema para produção de água, é necessário conhecer todos esses componentes.

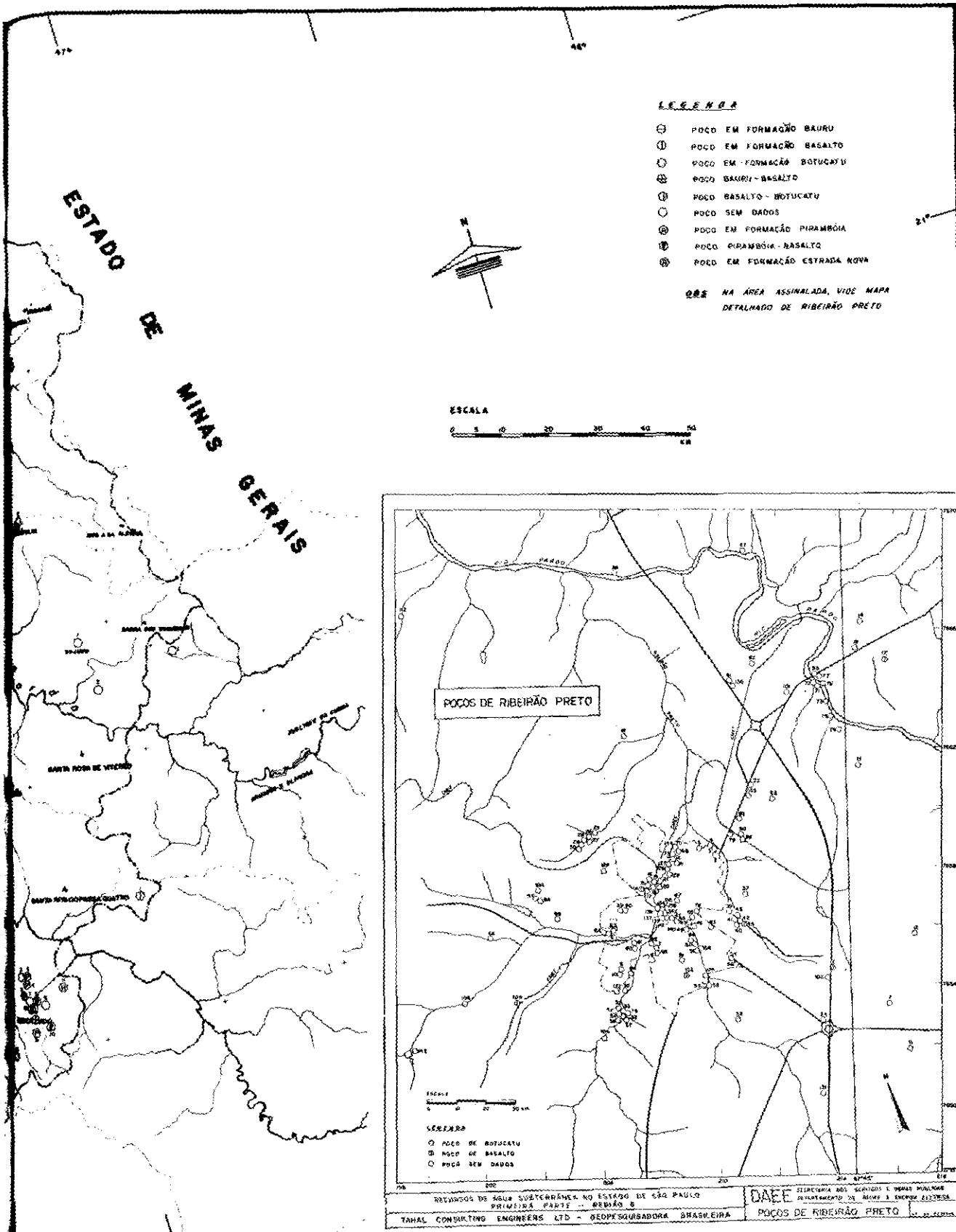
O aquífero mais importante da região, fornecendo cerca de 70% de água subterrânea da área, é o arenito da formação Botucatu. Seus afloramentos dentro da região cobrem uma área aproximada de 5 mil km². A camada arenosa saturada de água mergulha na direção oeste, subjacente aos basaltos, e estende-se sob uma área adicional (na região) de aproximadamente 24.500 km², e muito mais, além dos limites da região do Estado. Esses sedimentos assentaram-se sobre a Formação Pirambóia, cuja parte superior é composta principalmente por areia, porém de inferior qualidade, devido à presença maior de finos e lâminas argilosas. A espessura do aquífero Botucatu é estimada entre 60 m a leste e mais que 100 m a oeste, com o possível acréscimo de até 200 m superiores do Pirambóia. Ambas as formações aparecem bastante ligadas hidrogeologicamente e, portanto, são tratadas como um aquífero único.

De menor importância, do ponto de vista do potencial da exploração, são os aquíferos dos basaltos (Serra Geral) e dos sedimentos da Formação Bauru. O aquífero basáltico expõe-se na faixa central da região em uma área de 14 mil km² e estende-se a oeste entre o Botucatu e os 10 mil km² de cobertura do Bauru. A espessura do basalto cresce das bordas da bacia para sua parte central, onde ultrapassa 600 m, mas os lençóis de água encontram-se nas partes superiores, entre derrames e em lentes de areia intertrapeanas; assim, o aquífero é não-homogêneo e não-contínuo.

O aquífero sedimentar do Bauru estende-se superficialmente da zona oeste da região até o rio Paraná. O aquífero, cuja espessura não ultrapassa 150 m, é principalmente freático com níveis ligados aos rios que o cortam até o basalto.

Aquíferos de menor importância, como os aluviões, acham-se restritos às planícies aluvionais dos rios. Por outro lado, as antigas formações do paleozóico e do embasamento cristalino, não considerando exceções raras, são praticamente impermeáveis.

As **características hidrodinâmicas** dos aquíferos principais foram obtidas através de análise das secções geológicas (espessura dos aquíferos), medidas periódicas e sistemáticas

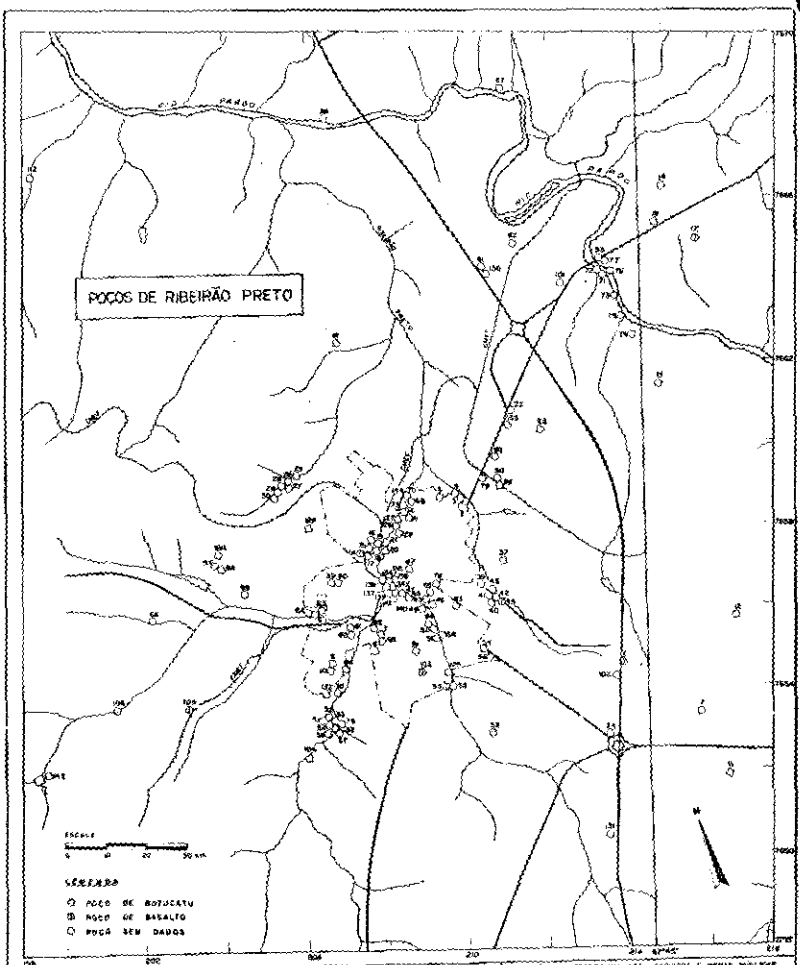


LEGENDA

- ⊕ POCO EM FORMAÇÃO BAURU
- ⊖ POCO EM FORMAÇÃO BASALTO
- ⊙ POCO EM FORMAÇÃO BOTUCATU
- ⊗ POCO BAURU - BASALTO
- ⊕ POCO BASALTO - BOTUCATU
- POCO SEM DADOS
- ⊖ POCO EM FORMAÇÃO PIRAMBÓIA
- ⊙ POCO PIRAMBÓIA - BASALTO
- ⊗ POCO EM FORMAÇÃO ESTRADA NOVA

ORSE NA ÁREA ASSINALADA, VIDE MAPA DETALHADO DE RIBEIRÃO PRETO

ESCALA



- LEGENDA
- ⊙ POCO DE BOTUCATU
 - ⊖ POCO DE BASALTO
 - POCO SEM DADOS

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO
PRIMEIRA PARTE - RIBEIRÃO S

DAEE SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA

<p>RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÃO ADMINISTRATIVA Nº 6 - RIBEIRÃO PRETO</p>		<p>DAEE</p>	<p>SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL</p>
<p>TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA</p>			
<p>PROJETO: VOYV HARPAZ</p>	<p>ELABORADO: MARCOS SÉRGIO</p>	<p>GRÁFICA</p>	<p>POÇOS CADASTRADOS</p>
<p>IMPRESSÃO:</p>	<p>DATA: ABRIL/1973</p>		

do nível piezométrico, testes de aquífero em poços de bombeamento (tais como teste de rebaixamento, recuperação e interferência), análises granulométricas e exames de laboratório. Os parâmetros procurados foram:

□ Permeabilidade (K), que é a capacidade de uma rocha ou sedimento poroso transmissor de água.

□ Transmissividade (T) é definida como a quantidade de água transmitida através de uma secção de largura unitária pela total espessura do aquífero (b) sob um gradiente unitário ($T = k.b.$).

□ Coeficiente de armazenamento (S) é definido pela quantidade de água aliviada por gravidade, de uma coluna aquífera unitária pelo rebaixamento do nível piezométrico em uma unidade.

□ Vazão específica (Q/s) de um poço define-se pela quantidade de água extraída por uma unidade de rebaixamento do nível piezométrico no poço.

Considerando os resultados das análises, testes e estudos acima, é possível concluir o seguinte:

a) Aquífero Botucatu. O valor médio da permeabilidade do arenito é da ordem de $K = 3,5$ m/dia. Ele foi determinado por diversos métodos, inclusive análises de laboratório, que, de seu lado, indicam uma isotropia bastante significativa no aquífero. Adotando esse valor e levando-se em consideração a distribuição da espessura do Botucatu, foram preparados mapas de transmissividade. Os valores desse parâmetro enquadram-se entre 200 e 540 m²/dia. Observe-se que, por falta de conhecimento, não se pode avaliar o efeito do Pirambóia, bastante ligado ao Botucatu. Assim, onde se junta também o arenito Pirambóia, a transmissividade aumenta proporcionalmente. O coeficiente de armazenamento no aquífero freático (coincide com a porosidade efetiva) determinou, em média, cerca de $S = 25\%$, enquanto no caso de confinamento se obtêm valores do coeficiente de armazenamento entre $S = 10^{-3}$ e 10^{-5} , conforme o grau do confinamento. O arenito silicificado encontrado em alguns poços é ainda desconhecido.

Dos 65 poços analisados, calculou-se a vazão específica (Q/s) média, cerca de 4,5 m³/hora por 1 m de rebaixamento. Os valores representantes são provavelmente menores.

b) Aquífero Pirambóia. Nas fácies arenosas da formação, estimam-se o valor K entre 2 e 3 m/d, e valores ainda inferiores nas fácies siltsosas. A transmissividade do Pirambóia depende da espessura das camadas arenosas intertacentes, aparentemente de maneira não uni-

forme, de lâminas bastante finas de silts e argilas, especialmente na parte inferior da formação. Carência de informações e os fatores acima, além do alto grau de ligação entre o Botucatu e Pirambóia, não permitiram a distinção das características hidrodinâmicas da formação. A transmissividade foi estimada em 300 m²/dia. O valor do armazenamento S varia de 15 a 20% no caso freático e de 10^{-3} a 10^{-5} no caso confinado, dependendo do grau desse confinamento.

Serão tratados em conjunto o aquífero do Botucatu e a parte superior do Pirambóia.

c) Aquíferos basálticos. Os derrames de basalto da Formação Serra Geral apresentam características muito heterogêneas, devido ao fato de o fluxo de água efetuar-se principalmente pelas juntas e fraturas do meio. Assim, os parâmetros K, T e S não têm a mesma significação que nos aquíferos granulares clássicos e só indicam condições hidrodinâmicas localizadas. As várias análises e testes indicam a variação de transmissividade entre 1 e 95 m²/d (média de cerca de 20 m²/d). Na maioria dos poços estudados, foram encontradas condições de confinamento com valores dos coeficientes de armazenamento baixos. Por outro lado, a porosidade efetiva média (condições freáticas) enquadra-se entre 1% e 5% e a vazão específica dos poços é da ordem de 1-2 m³/h/m.

d) Aquífero Bauru. As propriedades hidrodinâmicas irregulares achadas no Bauru estão relacionadas com as variações litológicas verticais e laterais. A transmissividade obtida tem valores muito localizados, que variam entre 5 m²/d e 50 m²/d. O coeficiente K das unidades mais permeáveis foi calculado em 0,5 m/d. Similarmente, a porosidade efetiva varia entre 5% e 15%, porém os valores baixos do coeficiente de armazenamento, determinados em testes, indicam muitas vezes condições de confinamento parcial ou total. A vazão específica média é menos de 1,4 m³/h/m.

Exploração atual e projetada

Com base nos dados coletados, no levantamento e cadastramento dos poços da região, estudam-se os vários aspectos da exploração da água subterrânea. Foram cadastrados mais de 630 poços.

A exploração anual (no ano de 1972) foi estimada em 74 milhões de metros cúbicos (Mmc).

A evolução histórica, estimada e reconstituída (desde 1920) pelas várias informações coletadas, mostra um crescimento acentuado a partir de 1960. A alta taxa de exploração será mantida no futuro próximo.

Desse volume anual, o Botucatu forneceu 51 Mmc, o Basalto 8 Mmc, o Bauru 3 Mmc e cerca de 12 Mmc foram extraídos de aquíferos mistos e não definidos. A maioria dos poços concentra-se na proximidade das cidades de Ribeirão Preto, Araraquara, São Carlos, Matão, Sertãozinho, Itápolis, Orlândia e Igarapava, situando-se na margem das formações de basalto, perto do afloramento do arenito Botucatu, o aquífero principal da região. Os municípios vizinhos, Ribeirão Preto e Sertãozinho, contam com grande número de poços e utilizam, juntos, 58% do total da região. A distribuição dos poços e a exploração na região são apresentadas nos mapas anexados.

O estudo estima que 87% do volume anual foi destinado ao abastecimento público, 7% para fins industriais e cerca de 6% para fins diversos. A boa qualidade da água subterrânea e outras considerações são fatores muito importantes de estímulo ao crescimento da utilização desses recursos.

Estudando os aspectos de eficiência da exploração, constatou-se que os projetos e a execução das perfurações foram realizados sem conhecimento tecnológico e sem orientação profissional adequada e, por isso, obtiveram-se na região muitos resultados insatisfatórios. Trata-se de localização errada, construção e acabamento incompletos, equipamento de pequena capacidade, falta de desenvolvimento, ensaios de bombeamento insuficientes, interferência prejudicial entre poços, etc.

Todos esses fatores vêm prejudicando a produtividade dos poços, que está relativamente baixa e acompanhada por emissão excessiva e danosa de areia.

A grande maioria dos poços na região (80%) é de pequena profundidade, menos que 150 m. A vazão média horária é de 54 m³/h para o Botucatu, 20 m³/h para o Basalto e 15 m³/h para o Bauru.

O aquífero Botucatu é o mais explorado na região, não só por ter a vazão média horária mais elevada, mas também devido à existência de maior número de poços. Há uma incidência de 57% dos poços com vazão inferior à média, estando a amplitude de variação entre 1 e 180 m³/h (uma exceção, 400 m³/h, foi informada em Catanduva, que se situa perto da região). Constatou-se que as vazões elevadas são as mais representativas, como demonstram os poços onde há boa penetração e os poços experimentais do projeto, com vazões entre 100 e 200 m³/h.

A vazão média no Basalto é de 20 m³/h, com amplitude de variação de 1 a 100 m³/h, encontrando-se 68% dos poços com vazões inferiores à média. A vazão média no Bauru é de

15 m³/h, com intervalo de variação de 2 a 80 m³/h; 68% dos poços têm vazões inferiores à média.

As vazões assinaladas não representam o rendimento máximo dos poços ou dos aquíferos, pois, além dos problemas de penetração pequena e diâmetro estreito, as vazões estão restringidas pelas bombas de baixa capacidade, das quais 75% são de tipo submersível ou de compressor.

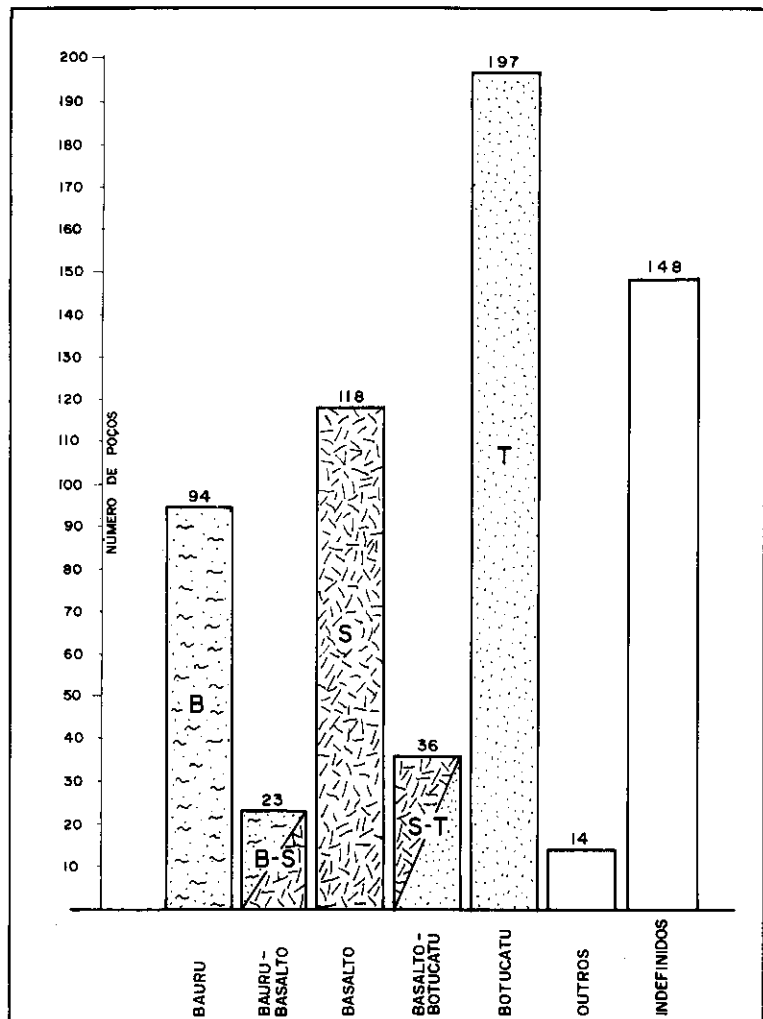
Qualidade da água

O estudo da situação e evolução geoquímica das águas subterrâneas mostra ser possível chegar a algumas conclusões hidrogeológicas e a um quadro da qualidade atual das águas. As análises e mapas de concentração descrevem a distribuição de vários elementos químicos pela região.

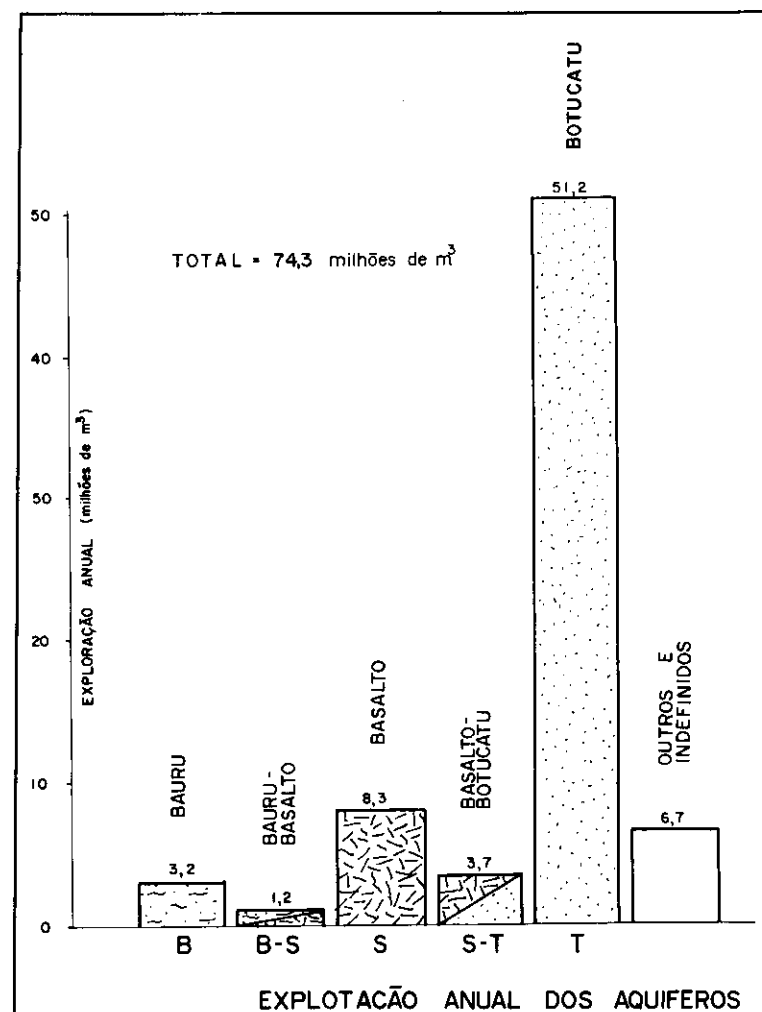
A alta potabilidade das águas subterrâneas foi examinada e acertada na região, conforme os padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (WHO). A concentração total de sais, que na maioria dos poços não ultrapassa 200 mg/l (em casos isolados até 350 mg/l), e dos elementos principais é menor, e às vezes muito menor, que o máximo permíssível ou o máximo recomendado. Os nitratos, além de terem um limite superior recomendado para as águas potáveis, podem ser usados como indicadores de poluição das águas subterrâneas por materiais orgânicos, esgotos, despejos industriais e fertilizantes. Eles foram detectados em valores significantes, somente em poços próximos a algumas áreas urbanas e industriais. Os fluoretos nas águas da região são inferiores à concentração recomendada para água potável com o objetivo de evitar cáries dentárias. O teor de ferro, que é geralmente muito menor que o padrão, não constitui problema na região, exceto em casos isolados. A extração de areia em poços mal construídos poderia ser impedida no futuro. Pelo tratamento atual, afasta-se a areia da água abastecida.

Vários aspectos da qualidade das águas subterrâneas foram examinados para avaliar sua adequabilidade para uso agrícola. Os elementos examinados foram: concentração total de sais (STD), porcentagem de sódio, SAR, razão de adsorção do sódio e conteúdo de boro. A concentração desses elementos foi examinada segundo os padrões do Departamento de Agricultura dos EUA.

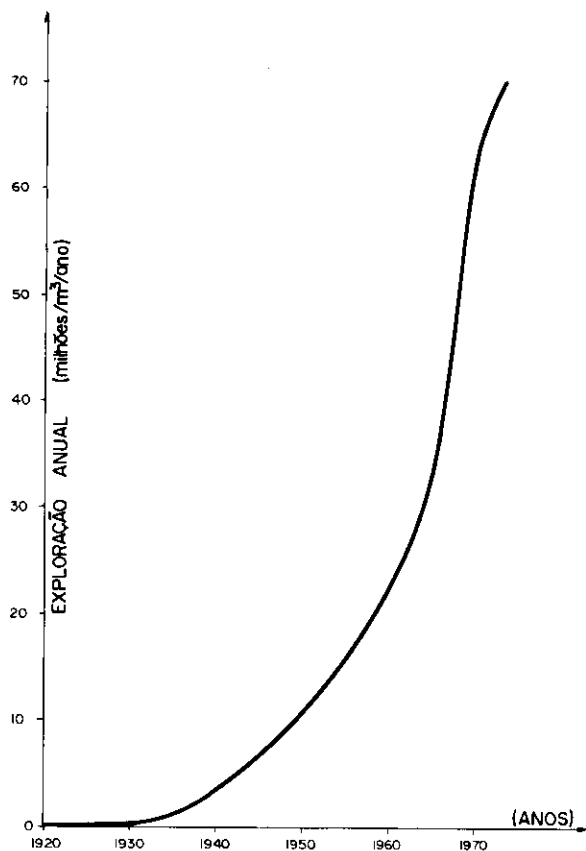
Com teor de sais tão reduzido, porcentagem de Na geralmente abaixo de 30%-50%, SAR menor que 3 (no Botucatu e Basalto menor que 0,4) e boro menor que 0,3-0,4 mg/l, as águas podem ser consideradas boas para todos os tipos de agricultura.



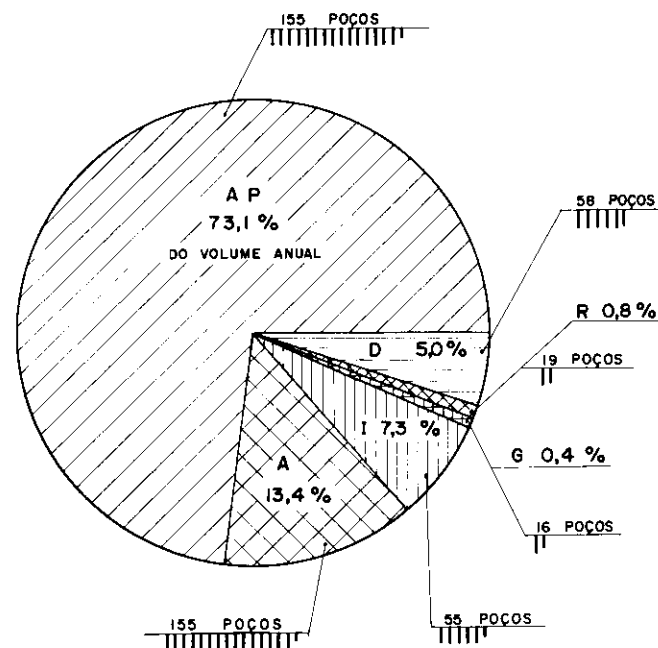
CLASSIFICAÇÃO DOS POÇOS SEGUNDO OS AQUÍFEROS .



EXPLORAÇÃO ANUAL DOS AQUÍFEROS (1972)



EVOLUÇÃO DA EXPLOTACÃO DE ÁGUA
SUBTERRANEA NA REGIÃO ADMINISTRATIVA N°6



LEGENDA

- A P: ABASTECIMENTO PÚBLICO
- A : ABASTECIMENTO PRÓPRIO
- I : INDUSTRIAL
- G : IRRIGAÇÃO
- R : RECREAÇÃO
- D : DIVERSOS E INDEFINIDOS

USO DE ÁGUA DOS AQUÍFEROS

Modelo hidrogeológico e escoamentos subterrâneos

A fim de conhecer o sistema hidrogeológico regional, tentou-se estabelecer um modelo que o descreva, utilizando ao máximo as informações obtidas e as análises realizadas no decorrer do estudo. Esse modelo reúne todos os componentes do sistema, procura determinar as relações e os vínculos entre os mesmos e, quando possível, descrevê-lo quantitativamente. Deve-se, pelo menos, expressar quantitativamente os elementos necessários para o planejamento da exploração, como: características hidrodinâmicas, regime de escoamento, recargas, volumes da reserva, etc.

Devido à inexistência de dados básicos e de observações a longo prazo, referentes à água subterrânea, é normal que o modelo seja geral e bastante rudimentar e que avaliações quantitativas tenham uma margem de erro considerável. No entanto, apesar destas limitações o quadro hidrogeológico regional obtido através do modelo é compreensivo e significativo.

O modelo regional congrega elementos da hidrologia superficial com os da hidrogeologia subterrânea, na medida em que a divisão é feita segundo unidades aquíferas principais. De acordo com isso, as observações hidrológicas foram agrupadas, detalhadas e completadas pelos resultados das pesquisas hidrogeológicas. Esses resultados foram processados em conjunto, segundo o esquema de um sistema composto da seguinte forma:

Um sistema de armazenamento de água abrange a capacidade do solo superior, a capacidade da zona de aeração, os volumes de água superiores ao nível da água nos rios (armazenamento periódico ou reserva ativa), bem como os volumes de água no fundo dos aquíferos. Quanto às quantidades de água nas rochas, a capacidade do solo na zona não saturada é pouco significativa e, portanto, não aparece de forma quantitativa no modelo. A sua importância é a retenção temporária da água no solo e sua orientação, seja para fora, através dos rios, seja para baixo, ao aquífero, após a retirada da água por evapotranspiração.

O escoamento superficial é integrado pelos seus dois componentes principais: o escoamento superior, oriundo da superfície e do solo, e o escoamento básico, drenado dos próprios aquíferos e influenciado pelo armazenamento periódico ativo.

A parte do excesso da chuva, após a evaporação e a drenagem superior, chega ao aquífero como recarga. Após a drenagem do escoamento básico, sobra a recarga profunda, que provoca os fluxos internos. As recargas e os movimentos nos aquíferos foram abordados nos capi-

tulos anteriores e integrados ao modelo regional.

Os elementos importantes na região são o escoamento subterrâneo saindo dos aquíferos, bem como os interfluxos entre os vários aquíferos. Esses elementos também obtêm uma expressão determinada, mas de baixa precisão, no modelo quantitativo. A extração da água de cada um dos aquíferos através da intervenção humana é representada pelas somas determinadas por meio dos levantamentos realizados durante o estudo.

O quadro quantitativo regional dos aquíferos principais está apresentado no diagrama do modelo; observem-se certas feições principais do sistema que merecem destaque, a saber:

a) Todos os solos apresentam uma capacidade de infiltração relativamente grande, que possibilita uma recarga considerável, sobretudo para os sedimentos do Botucatu e do Pirambóia (cerca de 325 mm/a) e para o Bauru (cerca de 280 mm/a). Uma capacidade de infiltração considerável existe também nos solos sobrejacentes ao basalto e ao cristalino.

b) Todos os aquíferos mantêm em armazenamento grandes volumes de água subterrânea, num total de 1.400 bilhões de metros cúbicos. No Botucatu e no Pirambóia, juntos, achase armazenado perto de 90% desse total e isso é devido tanto aos grandes volumes dessas formações quanto à elevada porosidade efetiva das rochas de arenito. O Basalto contém menos água, principalmente pela sua baixa porosidade. No Bauru se encontra menos água ainda, devido à sua reduzida extensão nos limites da região.

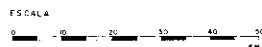
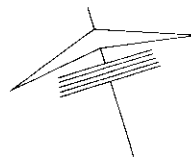
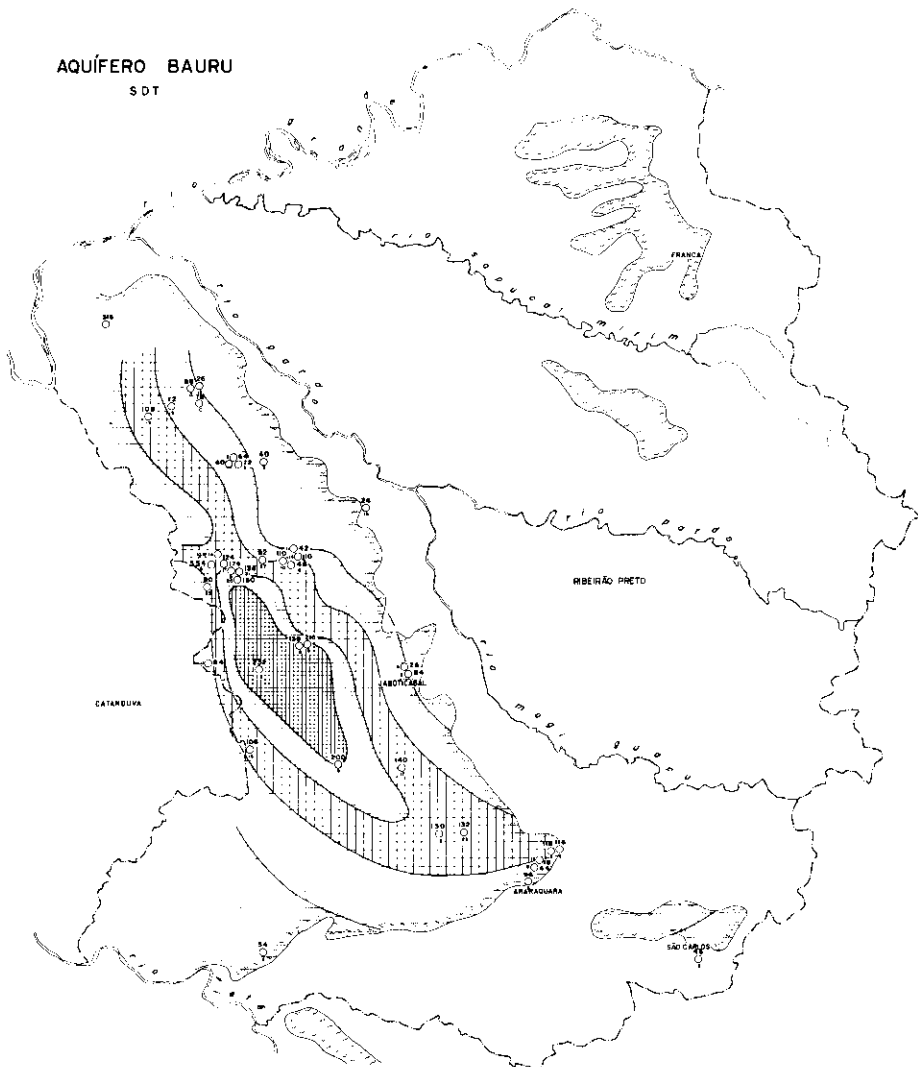
c) A transmissividade relativamente baixa de todas as formações, os baixos gradientes e a carência de saídas de drenagem próximas para os aquíferos Botucatu e Pirambóia não possibilitam o fluxo subterrâneo intensivo. Pela mesma razão, não existe um fluxo subterrâneo deixando a região em quantidade significativa, comparada com a recarga (percolação) total.

A relação de fluxo-recarga total é 0,05% e 0,14% no Bauru e no Basalto, respectivamente, e de cerca de 0,5% no Botucatu e no Pirambóia, em conjunto.

d) Devido à sensível diferença entre a grande recarga e o fluxo subterrâneo pequeno, acumulou-se muita água nos aquíferos, no passado hidrogeológico, e os níveis freáticos elevaram-se até próximo à superfície, onde oscilam de acordo com a periodicidade climática.

e) Assim, o nível elevado da água, o relevo, a alta intensidade das chuvas e a transmissividade relativamente baixa de todas as formações fazem com que a maior parte da infiltração de águas pluviais volte a sair do solo

AQUÍFERO BAURU
SOT

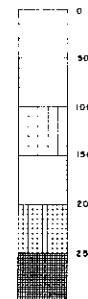


CONVENÇÕES

- RIO PRINCIPAL
- LIMITE DA REGIÃO
- LIMITE DE BAURU
- LIMITE DE BASALTO
- LIMITE DE BOTUCATU
- LIMITE DE PIRAMBOIA

○ CONCENTRAÇÃO EM ppm
○ POÇO
* NÚMERO

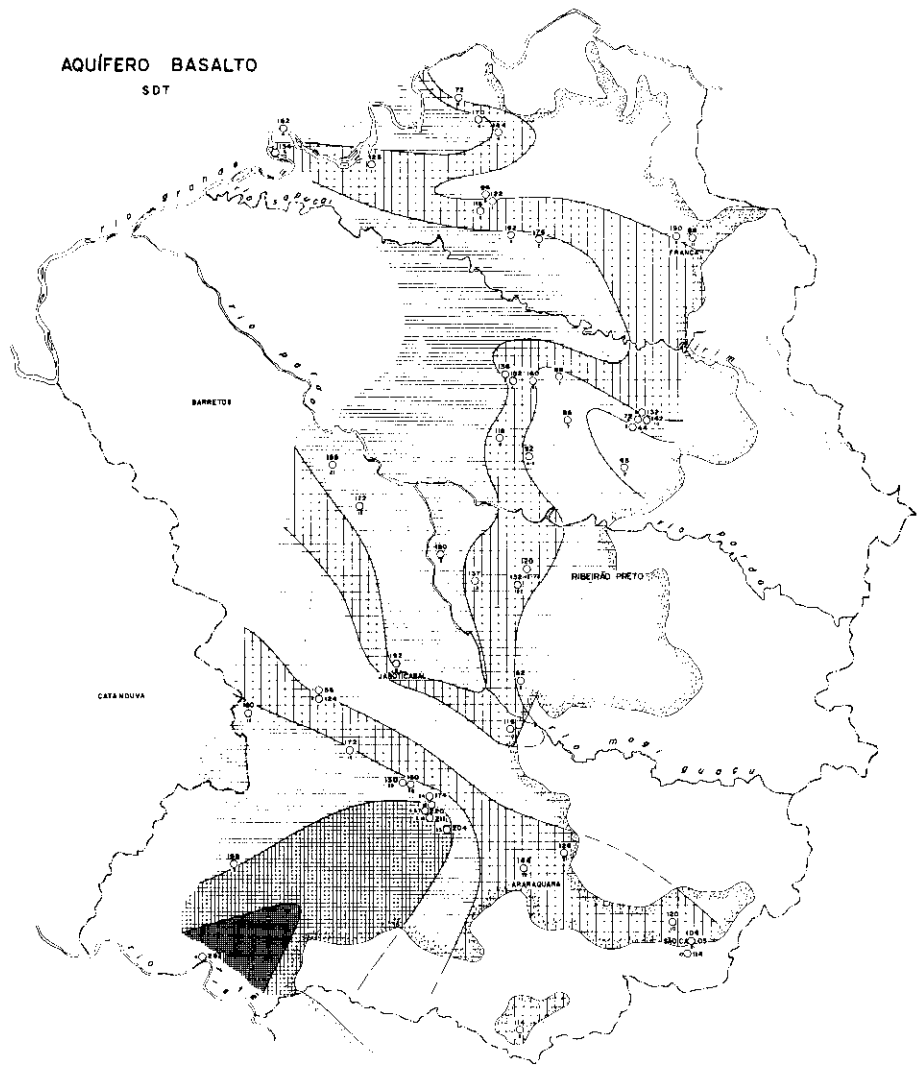
ZONAS DE ISOCONCENTRAÇÃO



RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÃO ADMINISTRATIVA Nº 6 RIBEIRÃO PRETO		DAEE	SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL	
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA			SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	
PROJETO: YOSU HARUZAJI, JOSÉ BERNER EXECUÇÃO: JEAN M. TEISSONRE (1975) INTERPRETE: MASANBU SESSOKO DATA: MARÇO / 1976	APROVADO: ELABORADO: JEAN MARCEL FERRELLINO	GRÁFICA	ESCALA	

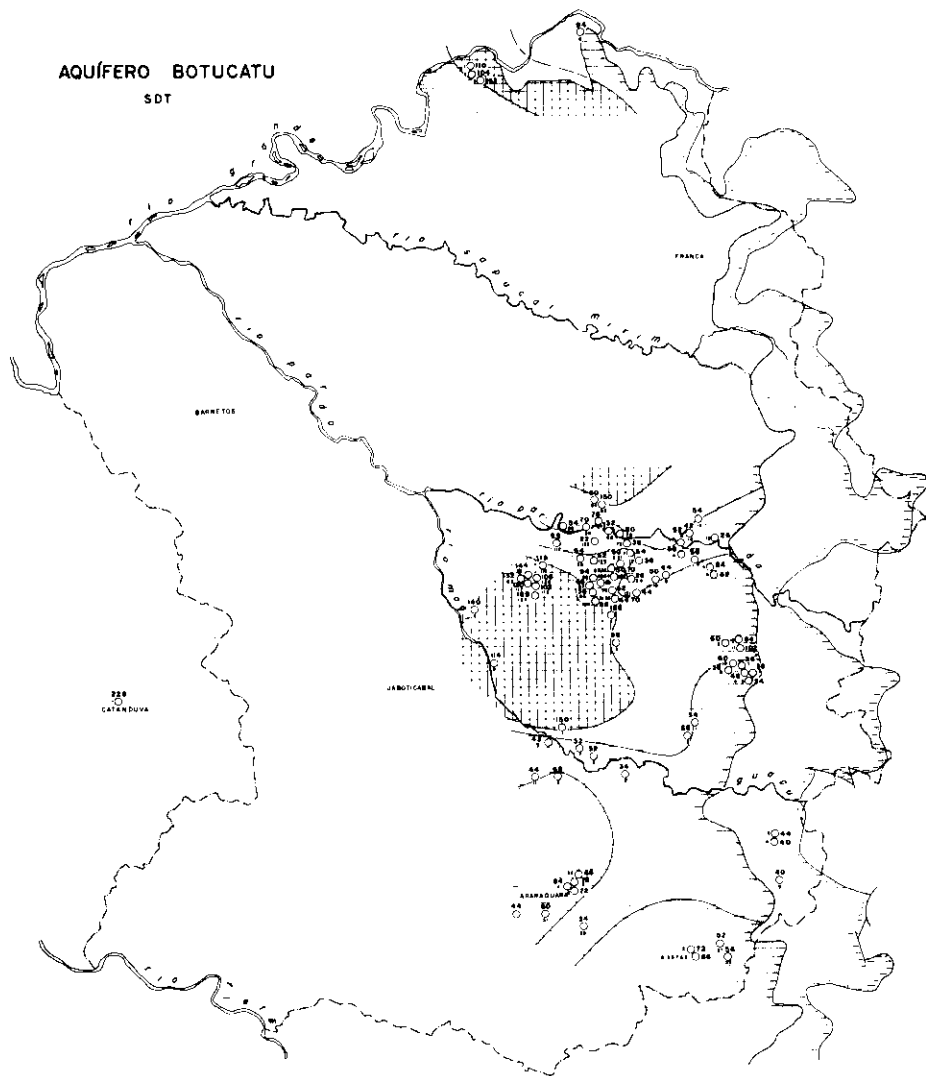
AQUÍFERO BASALTO

SDT



AQUÍFERO BOTUCATU

SDT



como escoamento básico nos rios, em um ciclo anual. Esse componente representa cerca de 2/3 do total de escoamento superficial.

f) As superfícies de água mais elevadas no Botucatu encontram-se no centro da faixa oriental de afloramento (cota de 800-600 m, na linha Franca—Altinópolis—São Simão—São Carlos) que coincide com a área de recarga natural. O gradiente pequeno tem rumo norte e oeste. As flutuações zonais do nível da água são de 2 a 3 m.

As superfícies de água nos basaltos e Bauru acompanham o relevo, geralmente a pequena profundidade, com gradientes que se dirigem para os rios. Os divisores de águas subterrâneas e superfícies coincidem. Oscilações zonais são menores do que no Botucatu.

g) A recarga profunda constitui somente cerca de 5% a 10% da recarga total, conforme os tipos de aquífero, e é ela que provoca o movimento nos mesmos.

h) As trocas de água entre os aquíferos são bem maiores que o fluxo subterrâneo que sai da região. Faltam ainda muitos dados para sua avaliação, porém é lícito admitir que, entre aquíferos vizinhos, sejam as trocas da ordem de dezenas a centenas de milhões de metros cúbicos por ano.

Aparentemente, as admissões encontram-se quase em equilíbrio com as emissões, excetuando-se talvez o Bauru, que mais contribui do que recebe.

i) A relação geral, em média plurianual, entre o escoamento superficial total e a precipitação é de cerca de 27% para toda a região e as bacias hidrográficas anexas. A relação entre o escoamento básico e o escoamento total é de 67%. A relação recarga-precipitação é de 22%. A relação média recarga profunda—recarga é de 5% a 10% e a relação recarga profunda—precipitação é aproximadamente de 1% a 2%.

j) Existe uma boa conexão hidráulica entre os rios e os aquíferos, processando-se atualmente o movimento dos aquíferos para os rios na forma de escoamento básico. Dos rios que passam sobre os afloramentos das formações arenosas poderá ocorrer também um escoamento no sentido contrário, mas sob condições de pressão piezométrica inversas.

k) O total da exploração atual dos aquíferos, cerca de 70 milhões de metros cúbicos por ano, é ainda muito baixo em relação às recargas e mais ainda em relação ao volume de águas armazenadas. No aquífero Bauru e no Basalto extrai-se apenas cerca de 0,2% a 0,3% de recarga anual e, no Botucatu (junto a Pirambóia), do qual se bombeia mais de 2/3 da pro-

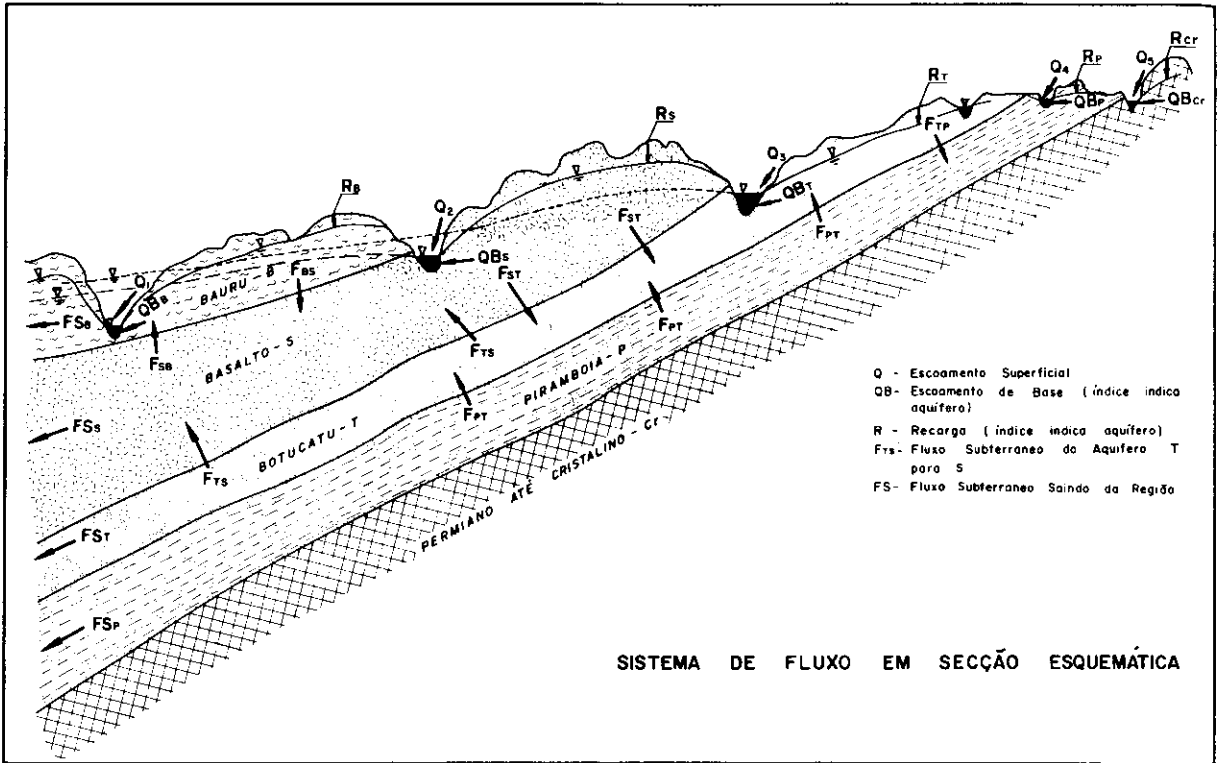
dução regional, a exploração anual ainda representa menos de 2% da recarga.

O sistema hidrogeológico físico, com suas características internas, variáveis de estado, influxos e defluxos e inter-relações antes descritas, foi apresentado pelo modelo regional que pode ser utilizado para solução de determinados problemas de planejamento. Por ele é possível preparar estimativas de potencial do aproveitamento máximo ou planejado, conforme será apresentado no capítulo seguinte. O modelo constitui também uma preparação para o planejamento da operação e manejo desses recursos de água subterrânea, de forma integrada com os demais recursos, o que representa um estágio mais avançado e sofisticado no caminho do desenvolvimento dos potenciais da região.

Potencial das águas subterrâneas

A fim de planejar o aproveitamento máximo dos recursos de água subterrânea na região, decidiu-se desenvolver o projeto em dois rumos. No primeiro, tentou-se conhecer e analisar as fontes e recursos de água subterrânea existentes e, no segundo, analisaram-se os usos benéficos possíveis e rentáveis desse recurso. De fato, visto que a água subterrânea, existente em abundância, se encontra nas profundidades da terra, a sua extração é bastante onerosa e depende de fatores e limitações diversas, tais como: quantidades disponíveis limitadas, dificuldades técnicas de exploração, deterioração da qualidade, existência de fontes alternativas de água e restrições econômicas relativas aos usos a que se destinam. Na determinação da disponibilidade de água subterrânea, consideram-se essas limitações e restrições e, portanto, a definição envolve não a quantidade máxima existente na natureza, mas a quantidade disponível na região, para utilização em forma de exploração planejada. O potencial regional não é um índice numérico hidrológico constante, pois pode variar com a modificação das condições econômicas, com a evolução da tecnologia de exploração, com o aumento da demanda de água, etc., e ser redefinido no decorrer do tempo.

Em razão do baixo grau de exploração atual de água subterrânea e do conhecimento hidrológico ainda limitado, é prematuro planejar a operação e o manejo ótimos de todos os sistemas de água subterrânea na região. Assim sendo, o potencial foi avaliado em um nível menos sofisticado, respeitando, porém, as concepções acima estipuladas. As conclusões importantes das análises do modelo que convém enfatizar são: (a) a recarga anual que se infiltra para os três aquíferos principais é muito grande, embora atualmente escoe, em sua maior parte, para os rios; (b) só uma pequena porção sai



SISTEMA DE FLUXO EM SECÇÃO ESQUEMÁTICA

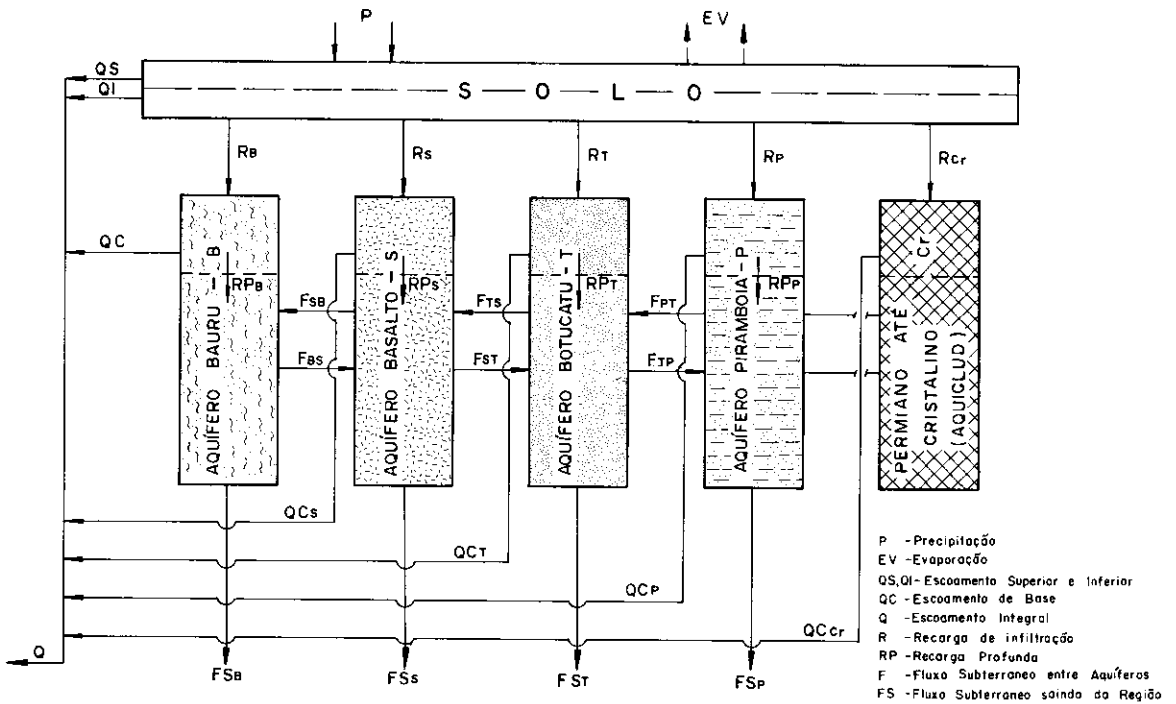


DIAGRAMA DO MODELO HIDROGEOLOGICO REGIONAL

da região como fluxo subterrâneo; (c) o fato de que em todos os aquíferos, em especial no Botucatu e Pirambóia, existem enormes volumes de água, aparentemente muito além da exploração prevista até 1990. Dentre os demais fatores que influenciam na determinação do potencial, os mais importantes são: a capacidade de perfuração, os meios de bombeamento e a qualidade da água, a serem discutidos a seguir, bem como os usos possíveis e aspectos econômicos.

A possibilidade de extrair muita água por meio de poços do aquífero Botucatu foi comprovada na prática. O estudo demonstrou, por meio de seus poços experimentais e da análise dos dados de todos os poços da região, que, do ponto de vista da engenharia, a exploração do Botucatu é viável, mesmo a grandes profundidades, caso seja aplicada a tecnologia moderna praticada e recomendada pelo projeto. A perfuração nas outras formações tem um baixo rendimento, comparado ao do Botucatu.

Os principais fatores que determinam o potencial da perfuração são evidentemente as vazões, a profundidade dos poços e as profundidades de nível piezométrico. Esses fatores influem na construção dos poços, tipos de bomba, preço da perfuração e de bombeamento e no custo de metro cúbico de água extraída, bem como na densidade planejada da disposição dos poços.

É possível obter, com bastante segurança, vazões de 100 a 300 metros cúbicos por hora, por meio de poços de grande diâmetro construídos corretamente e que penetrem pelo menos cerca de 100 metros na areia do Botucatu. A profundidade de perfuração seria de 150 metros a este até 750 metros a oeste da região.

Poços perfurados somente na Formação Pirambóia poderiam produzir até 150 m³/h, desde que atravessem a parte onerosa e sejam construídos apropriadamente. No Basalto, a vazão é relativamente baixa e varia muito de um local para outro; um valor razoável seria o de até 80 m³/h. No Bauru, de uma espessura saturada de mais de 60 m e com poços construídos e desenvolvidos adequadamente, é possível obter vazões de até 80 m³/h. A profundidade desses poços poderia atingir 150 a 250 m.

A fim de conseguir altas vazões convém considerar rebaixamentos substanciais do nível da água nas perfurações, atingindo níveis dinâmicos de 100 a 200 m.

Esses parâmetros foram resumidos e apresentados em mapa de potencial de perfuração, que dá uma idéia da capacidade dos poços e suas profundidades, segundo uma divisão zonal.

Crítérios e estimativas — Os resultados dos estudos econômicos realizados, bem como

a prática e as tendências atuais de captação de água subterrânea, indicam que, de modo geral, o seu aproveitamento na região é viável.

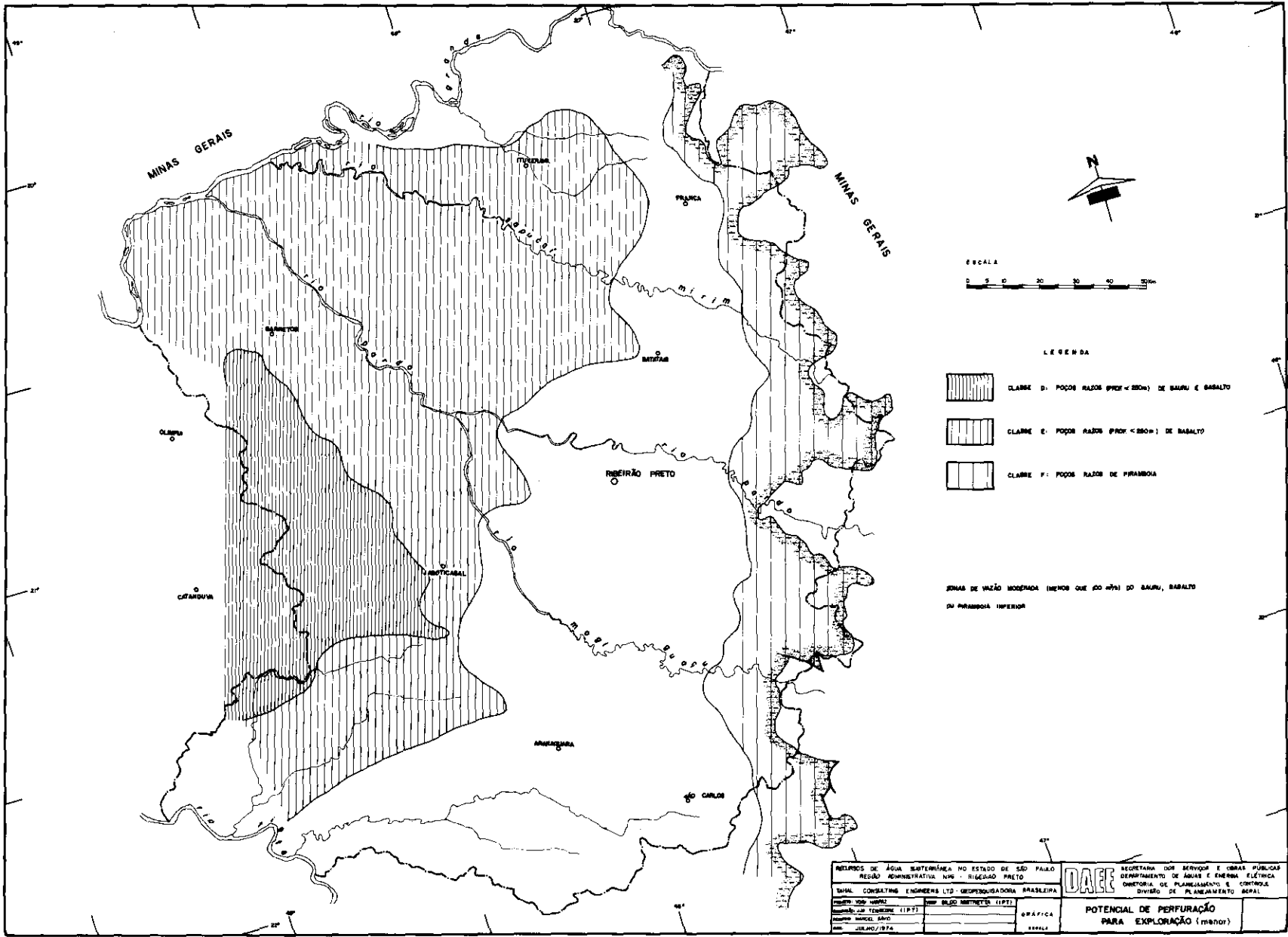
Disso decorre pelo menos que qualquer quantidade de água, a ser extraída por meios convencionais e com custos correntes, pode ser incluída no potencial que representa a base de planejamento de desenvolvimento dos recursos no futuro próximo. As quantidades amplas de água exploráveis, aparentemente maiores que o necessário para todos os fins de abastecimento, justificam que se considerem premissas conservadoras de planejamento e de certa margem de segurança. Portanto, integram-se no conceito do potencial somente as estimativas moderadas comprovadas e de acordo com premissas de planejamento conservadoras. Outrossim, assinalam-se as possibilidades para a intensificação da exploração no futuro, seja devido à mudança nas circunstâncias, seja por meio de gestão mais sofisticada.

À luz das concepções e diretrizes acima, foram indicados critérios específicos e avaliados os componentes do potencial regional, da seguinte forma:

a) Levou-se em conta quase toda a recarga profunda que chega aos aquíferos durante todo o ano. Essa quantidade é pequena em relação a todos os escoamentos e, pois, facilmente disponível para exploração. O total da recarga profunda dos três aquíferos na região é de 770 milhões de metros cúbicos (Mmc) por ano, em média.

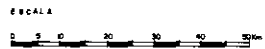
b) Somente uma fração (1/4) da recarga que forma o escoamento básico das três formações foi incluída no potencial, isso devido a dois motivos: em primeiro lugar, para afetar ao mínimo o rendimento do escoamento superficial (apenas uma diminuição de 10% do escoamento superficial que deixa a região); e, em segundo lugar, por causa da dificuldade técnica de interceptar o escoamento básico e impedir, por meio de poço, sua circulação para os rios. Esse componente totaliza cerca de 2.000 Mmc/ano, em média plurianual.

c) Devido à relativa facilidade de bombeamento de água da parte superior do aquífero, de um lado, e à intensificação do influxo de água no aquífero, em consequência do rebaixamento do lençol de água subterrânea, de outro lado, propõe-se também considerar o aproveitamento de uma pequena parte dos grandes volumes de água armazenados no aquífero. A retirada de 1.000 Mmc/ano do aquífero Botucatu—Pirambóia durante vinte anos (ou seja, apenas 1,5% da sua reserva total) causará inicialmente algum rebaixamento piezométrico na região freática, que se equilibrará rapidamente em detrimento do escoamento básico e pela



MINAS GERAIS

MINAS GERAIS

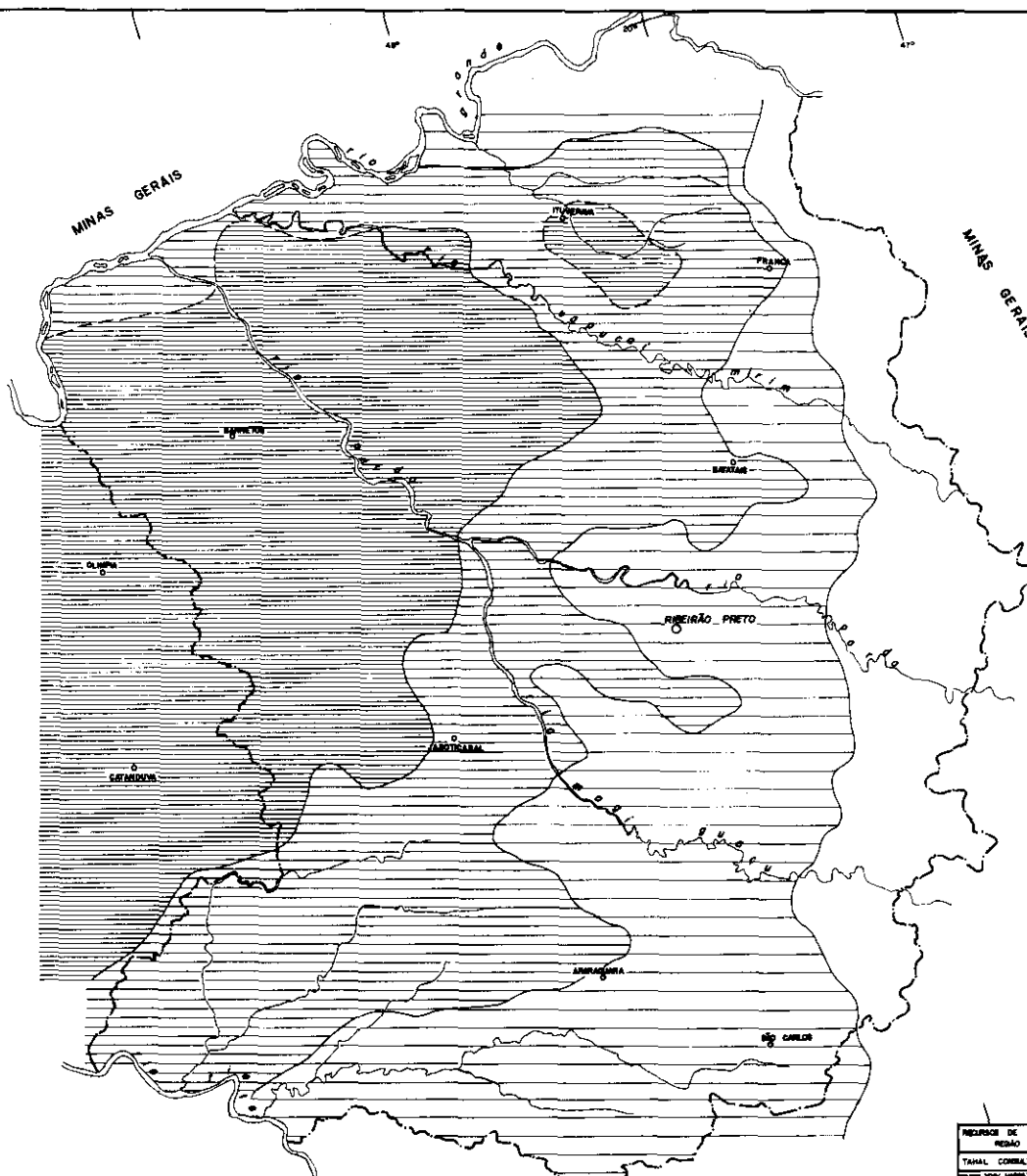


LEGENDA

- CLASSE D: POÇOS RAZOS (PROF < 20M) DE BAUXITA E BASALTO
- CLASSE E: POÇOS RAZOS (PROF < 20M) DE BASALTO
- CLASSE F: POÇOS RAZOS DE PIRAMBOIA

ZONAS DE VAZÃO MODERADA (MEHOR QUE 20 m³/d) DO BAUXITA, BASALTO DA PIRAMBOIA INFERIOR

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÃO ADMINISTRATIVA N.º 1 - RIBEIRÃO PRETO		SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AQUAL
TITULO CONSULTING ENGINEERS LTD. (EMPRESA BRASILEIRA)		
PROJETO DE: _____ EXECUÇÃO DE: _____ REVISÃO DE: _____ DATA: _____/_____/_____	PROJETO DE: _____ EXECUÇÃO DE: _____ REVISÃO DE: _____ DATA: _____/_____/_____	GRÁFICA BASEADA
POTENCIAL DE PERFURAÇÃO PARA EXPLORAÇÃO (m³/d)		



- LEGENDA
- CLASSE A - POÇOS PROFUNDOS (PROF. MAIOR QUE 300m)
 - CLASSE B - POÇOS MÍDIOS (150 + 300m)
 - CLASSE C - POÇOS RAZOS (PROF. MENOR QUE 150m)

ZONAS DE ALTA VEZÃO (ACIMA DE 100m) PENETRANDO 100 METROS NO BOMBAZU - PIRAMBÓIA

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÃO ADMINISTRATIVA N.º 6 - PIRIBITANGA		DAEE	SECRETARIA DOS RECURSOS E OBRAS PÚBLICAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DIVISÃO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
TATIAL CONSULTING ENGINEERS LTD GEOPESQUISADORA S/A SÃO PAULO (SP)			
PROJETO EM TERREIRO (PT)	PROJETO EM TERREIRO (PT)	GRÁFICA	POTENCIAL DE PERFURAÇÃO PARA EXPLORAÇÃO (m³/d)
DATA: 15/02/1978	DATA: 15/02/1978	DATA:	DATA:

atração de água e dos aquíferos superiores na zona confinada.

Concluindo — Propõe-se encarar a quantidade de 3.800 Mmc/ano como o potencial de água subterrânea disponível para o planejamento de utilização, até o fim do século.

Conforme se verifica no quadro seguinte, a sua maior parte virá do aquífero Botucatu—Pirambóia, isto é:

Botucatu—Pirambóia, 2.000 Mmc/ano; Basalto, 1.000 Mmc/ano; Bauru, 800 Mmc/ano.

Há incerteza quanto à possibilidade de aproveitar todas as quantidades do Basalto e do Bauru, visto que os poços de exploração são de baixo rendimento e relativamente onerosos (especialmente no Basalto) e, assim, seu aproveitamento será de pouca rentabilidade.

Na realidade ainda existem, potencialmente, grandes quantidades de água que podem ser aproveitadas, quer em detrimento da vazão de escoamento superficial, quer a partir das grandes reservas subterrâneas não recarregadas. Não é justificável, no presente, indicá-las numericamente, pois: (a) não haverá para as mesmas uma demanda real num futuro próximo; (b) a exploração e a pesquisa encontram-se somente no início, esperando-se alterações das tendências de planejamento e das avaliações quantitativas no decorrer do desenvolvimento dos trabalhos; (c) não existe ainda uma política de aproveitamento integral de águas superficiais e águas subterrâneas e sabe-se que ambos os recursos da região são estritamente interdependentes, devendo seu potencial ser avaliado a longo prazo, em conjunto.

Além disso, é importante entender que o potencial é essencialmente flexível e pode ser ampliado, em caso de necessidade, por medidas de manejo, tais como: sobreexploração temporária das gigantescas reservas dos aquíferos, aumento da recarga profunda em detrimento de escoamento básico, extração de aquíferos vizinhos, aumento de recarga total por meio de recarga induzida dos rios (escoamento básico negativo), aproveitamento integrado com outros recursos hídricos, realimentação artificial, etc.

USOS E DEMANDAS DE ÁGUA

A fim de avaliar as possibilidades e problemas de abastecimento de água através dos recursos de água subterrânea, foi realizado um estudo sistemático do consumo atual e das condições de abastecimento nos setores urbano, industrial e agrícola. Verificou-se, logo de início, que todo o abastecimento de água se concentra quase que somente no setor de consumo urbano. A utilização de águas para as necessidades industriais é muito pequena e em

muitos casos a água é suprida a partir dos sistemas urbanos. O consumo de água para agricultura é praticamente nulo. Infelizmente, os dados referentes aos usos de água nas cidades da região são incompletos e nem sempre confiáveis, apesar de a maioria das cidades—sede dos oitenta municípios da região ter sistemas centrais de abastecimento. E a população rural usa fontes de água isoladas (nascentes, cisternas, poços e outras captações), igualmente sem registro ou controle. Assim, baseou-se o presente trabalho nos estudos e informações seguintes:

a) Estudos anteriores e relatórios das entidades FESB, Secretaria da Economia e Planejamento, TAHAL, DAEE, Prefeitura e serviços de água e esgotos;

b) Dados relativos aos poços da região levantados no âmbito do projeto.

c) Informações obtidas através de visitas às cidades da região, feitas pela equipe de planejamento do projeto.

Os principais tópicos tratados são: população abastecida, consumo "per capita", recursos utilizados e seus consumos, abastecimento por poços, qualidade de água e sistemas de abastecimento de água existentes. Foram avaliados também os fatores econômicos vigentes na região. A elaboração de projeções da demanda de água foi um dos objetivos essenciais dos estudos e serviu para criar bases para a definição do papel que a água subterrânea poderá desempenhar nos esquemas de abastecimento de água, nos diversos setores de consumo. A previsão da demanda foi confinada aos setores municipal, industrial e agrícola.

Consumo

De forma geral, pode-se afirmar que a situação atual do abastecimento de água na Região Administrativa n.º 6 (Ribeirão Preto) é relativamente satisfatória. Isto é correto em relação às cidades de maior porte, ao passo que nas cidades menores, principalmente nas regiões rurais, o abastecimento de água é ainda muito deficiente.

Da população urbana da região, que contava em 1970 1,1 milhão de habitantes, o índice da população servida por sistemas organizados de abastecimento de água atingiu 88,5%. A população total da região, neste ano, foi de 1,4 milhão de habitantes. Apesar de o percentual médio da população ligada aos sistemas de abastecimento de água e esgotos públicos ser relativamente elevado, ocorrem oscilações relativamente grandes e verifica-se, de um lado, que cidades como Altinópolis, Colina e São Carlos atingiram um abastecimento de água organizado para toda sua população e, de outro, que cidades como Cravinhos e Colômbia se defron-

tam com problemas graves de abastecimento, estando somente 50% de sua população ligado aos sistemas públicos de abastecimento de água.

Cabe referência especial à cidade de Ribeirão Preto, cidade—sede de toda a região, que quase atingiu o pleno abastecimento de sua população: 97,5%.

Os cálculos demonstram que o consumo médio diário "per capita" nos municípios da região atinge 227 litros, valor que pode ser considerado razoável (é evidente que o consumo nas áreas rurais é bem menor). Mas os desvios da média são muito grandes e oscilam entre 400 litros diários "per capita" ou mais, em municípios como Ribeirão Preto e Ibitinga, e 50 litros diários "per capita" ou menos, em municípios pequenos como Rifaina, Luiz Antônio, Guairá e outros, que requerem ampliação do suprimento.

O levantamento das instalações principais de abastecimento de água (estações elevatórias, reservatórios, estações de tratamento, fontes, etc.) completa o quadro da situação atual.

De acordo com informações do Diagnóstico, o consumo total de água na região era de 124 milhões de metros cúbicos (Mmc) em 1970. Existiam na região cerca de 134 poços em operação, com vazão anual total estimada em 52 Mmc, representando 42% do consumo global anual da região. Porém, segundo o recente levantamento do projeto (referente a 1972-73), são 458 poços em operação, com vazão anual total estimada em 74 Mmc.

25% dos municípios da região baseiam seu abastecimento de água unicamente em poços. Essas cidades são relativamente pequenas, mas o abastecimento a partir dos poços, mesmo com vazões pequenas, representa solução simples e econômica. De outra parte, cabe salientar que junto a esse grupo de municípios se encontra também o município—sede da região, Ribeirão Preto, em que a produção dos poços equivale a cerca de 67% da produção anual dos poços em toda a região. 21% dos municípios da região são abastecidos tanto por água subterrânea como por águas superficiais, ao passo que em 46% dos municípios o abastecimento se baseia somente em águas superficiais.

Existem na região poços com larga gama de vazões, superando as máximas, 180 m³/hora, dependendo das camadas geológicas da localização, da profundidade, do diâmetro, da forma de construção dos poços, etc.

O consumo total de água para indústria é pequeno: 7,5 Mmc em 1967 (dados do FESB).

A qualidade da água em todos os poços da região é boa, podendo ser considerada potável e adequada para irrigação.

Quanto à qualidade das águas superficiais, de acordo com algumas análises, podem observar-se alguns indícios de contaminação. E, com o aumento da urbanização e industrialização, é de se prever, paralelamente, um aumento da poluição.

Demanda

A previsão da demanda de água na Região Administrativa n.º 6 foi elaborada somente para os setores municipais, industriais e agrícolas. Ela estende-se aos anos 1985 e 2000. Apenas nos setores municipal e industrial foi possível adotar critérios definidos e suficientes para previsões da demanda, mas, mesmo nesses dois setores, as previsões indicam apenas uma ordem de grandeza, enquanto no setor agrícola, em que ainda não se dispõe de um estudo adequado dos potenciais de irrigação, foi possível apenas obter uma estimativa geral das quantidades de água necessárias para irrigação, sem se estabelecerem critérios básicos para previsão definitiva.

A previsão da **demanda municipal** baseou-se em previsão populacional e em estimativas do consumo "per capita", que foram determinadas por municípios.

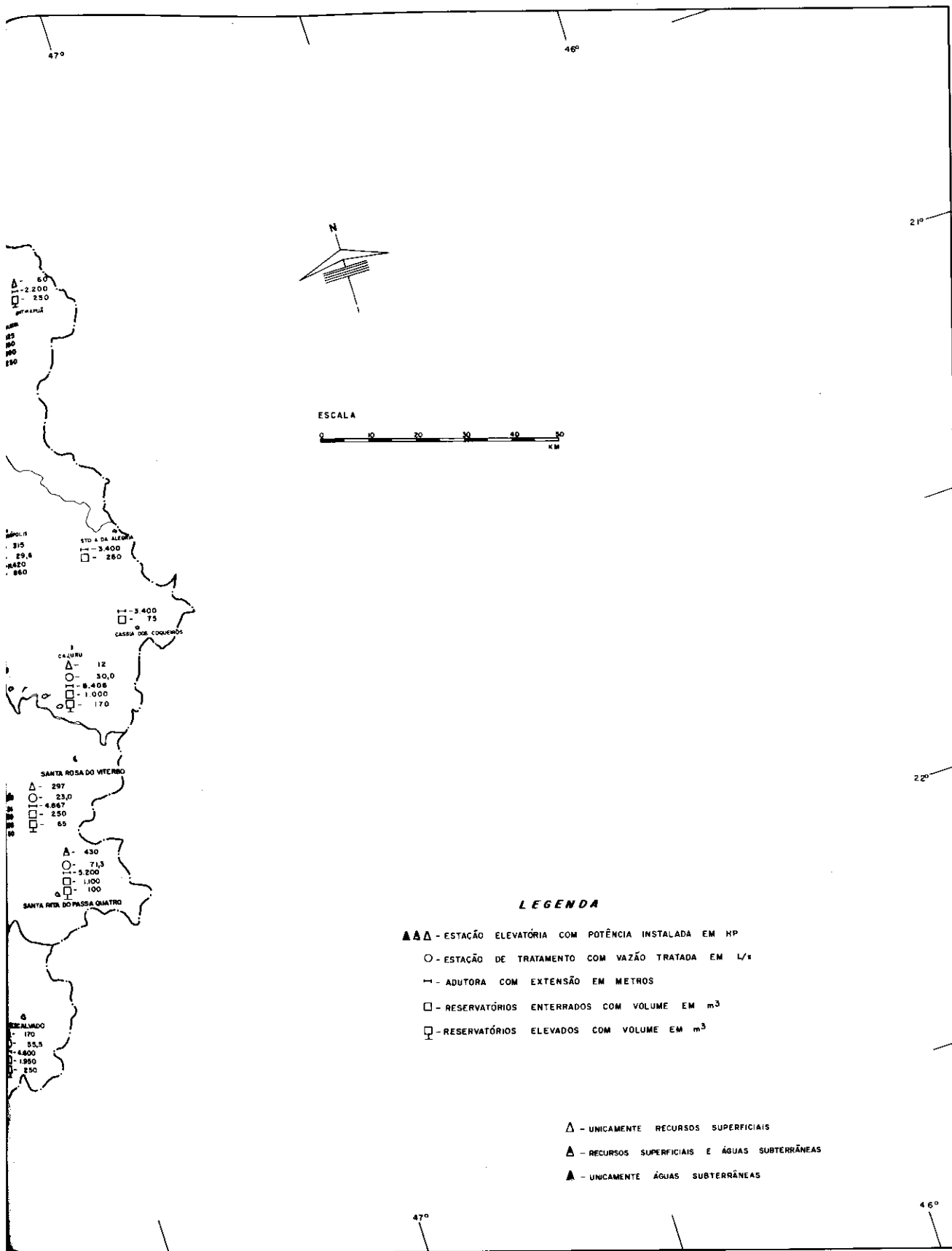
A fim de prever o crescimento da população, tomaram-se como base os recenseamentos decenais (1950, 1960, 1970) efetuados pelo IBGE e utilizaram-se seis métodos convencionais.

Além das análises do consumo em várias cidades e das verificações de níveis de desenvolvimento, foi integrada a experiência de outros países. Assim, adotou-se uma taxa de crescimento do consumo "per capita" de 1% por ano.

O último recenseamento, efetuado em 1970, indicou na região de Ribeirão Preto uma população total de 1,4 milhão de habitantes. Segundo as estimativas feitas pelo projeto, o consumo total nesse ano foi de 118 milhões de metros cúbicos.

A previsão populacional, levando em conta o crescimento natural, bem como a migração interna e externa, indica que no fim deste século o número de habitantes nesta região se situará entre 2 e 2,5 milhões. Tendo em vista o crescimento do consumo "per capita" de acordo com a elevação do nível de vida, estima-se que a demanda de água no setor municipal da região chegará no ano 2000 a valores entre 220 e 280 milhões de metros cúbicos anuais.

Demanda industrial. Apesar de em 1970 só 5% do consumo total ter sido destinado às atividades industriais, especial atenção foi dada a este item, em razão do excelente desenvolvimento industrial do Estado e, em particular, da



LEGENDA

- ▲▲▲ - ESTAÇÃO ELEVATÓRIA COM POTÊNCIA INSTALADA EM HP
- - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO COM VAZÃO TRATADA EM L/s
- - ADUTORA COM EXTENSÃO EM METROS
- - RESERVATÓRIOS ENTERRADOS COM VOLUME EM m³
- ◻ - RESERVATÓRIOS ELEVADOS COM VOLUME EM m³

- △ - UNICAMENTE RECURSOS SUPERFICIAIS
- ▲ - RECURSOS SUPERFICIAIS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- ▲ - UNICAMENTE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO
REGIÃO ADMINISTRATIVA Nº6 - RIBEIRÃO PRETO

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA

DAEE

SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTRÔLE
DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL

PROJETO	DR. RAFAEL GUREVITZ	APROVAÇÃO
DESENHO	MASANOBU SESKO	
VERIFICAÇÃO	RUBENS S. NAKANO	
DATA		

GRÁFICA
ESCALA

**SISTEMAS DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA**

perspectiva de desenvolvimento industrial da região, como efeito da tendência de interiorização do desenvolvimento e também do fato de a região ser cortada pelo importante eixo São Paulo—Brasília. Cabe observar que os dados relativos à indústria do Estado são muito escassos e, em decorrência, foi necessário, muitas vezes, efetuar extrapolações baseadas em índices condizentes com a realidade paulista.

O conceito básico adotado para a previsão foi o de correlacionar o consumo industrial de água com o valor da produção e seu crescimento. É importante notar que os cálculos se basearam nos preços de 1967, visto que a Estatística Industrial mais recente se refere a esse ano.

Como padrão utilizou-se a relação volume de água consumido Cr\$ 1.000 de produção (ano-base 1967). A estimativa do valor de produção para os anos de previsão, observados os preços do ano-base, indicará paralelamente o consumo previsto.

As previsões de consumo industrial para os diversos municípios da região foram elaboradas para taxas médias de crescimento anual de 8% a 10%. Os resultados foram sumarizados por microrregiões. O total representa demanda de 36 Mmc/a para 1985 e 194 Mmc/a para 2000.

Demanda agrícola. Enquanto as previsões para os setores municipal e industrial se fundamentam em extrapolações de dados de consumo do passado e em idéias preliminares de desenvolvimento, para o setor agrícola é extremamente difícil elaborar uma estimativa de demanda de água para irrigação no futuro, pois praticamente toda a área agrícola da região é cultivada atualmente com lavouras de sequeiro, só esporadicamente se podendo ver tentativas de irrigação.

Na ausência de dados fundamentados, relativos ao ritmo de desenvolvimento de irrigação na região, no que se refere a áreas, culturas e demanda de água, não há outra alternativa senão basear as previsões de demanda de água para agricultura nas premissas estabelecidas pela Divisão de Planejamento do DAEE, quanto ao ritmo de desenvolvimento da área irrigada, considerando-se dotações médias de águas.

Caso, no ano 2000, chegue a área irrigada a 150-200 mil hectares e considerando uma demanda de água bruta de 6 mil m³/ha/a, atingirá a demanda de água para irrigação nesse ano entre 900 e 1.200 milhões de metros cúbicos.

É razoável admitir que em determinados casos haja vantagem econômica em irrigar parte dessas áreas com água subterrânea; isso poderá ocorrer principalmente com respeito a áreas distantes dos rios, nas quais se possa obter

água de poços menos profundos e em grandes quantidades.

Demanda total. Foi elaborado um mapa que resume a demanda municipal e industrial (sem incluir as estimativas da demanda agrícola) nas diversas microrregiões, bem como a demanda total. Segundo o resumo, a demanda municipal — industrial da região chegará à ordem de 217 milhões de metros cúbicos em 1985 e a 470 milhões de metros cúbicos no ano 2000.

Destaque-se o fato de que, se a agricultura irrigada se desenvolver de acordo com as estimativas preliminares, a demanda de água para irrigação no ano 2000 excederá 2 vezes a demanda municipal—industrial. O papel que a água subterrânea poderá desempenhar no desenvolvimento da região será ainda mais significativo.

DESENVOLVIMENTO FUTURO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O consumo atual de água, abrangendo tanto a água subterrânea como a água superficial, totaliza cerca de 125 milhões de metros cúbicos por ano, representando cerca de 3,5% do potencial de água subterrânea da região, estimado em 3,8 bilhões de metros cúbicos por ano. A previsão de consumo para o ano 2000, nos setores urbano e industrial, indica uma ordem de grandeza de 470 milhões de metros cúbicos por ano. Mesmo admitindo-se que todo o acréscimo de abastecimento de água provenha de água subterrânea, o seu aproveitamento não excederá 10% do potencial estimado. Pode-se concluir, portanto, que o problema do aproveitamento de água subterrânea na região não é quantitativo. Trata-se de determinar em que medida esse aproveitamento é economicamente justificável, bem como as condições e as áreas em que a exploração da água subterrânea é preferível a outras fontes de água.

Para se ter uma idéia da viabilidade de aproveitamento da água subterrânea na região, foram realizados em paralelo dois levantamentos:

a) Estudo das possibilidades de aproveitamento de água de poços, em comparação com outros sistemas, em algumas cidades-exemplo.

b) Estimativa dos investimentos e despesas anuais referentes à extração de água por poços, dos diversos aquíferos e nas várias partes da região.

O primeiro estudo foi efetuado para três exemplos: abastecimento de água nas cidades de Araraquara, Jaboticabal e em pequenas cidades na microrregião da Alta Mogiana.

Na seleção dos exemplos foi enfatizada a diversificação das condições, a fim de se obter um enfoque mais amplo, se bem que se admi-

1 MUNICÍPIO DE ITUVERAVA

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		3,0	3,7
DEMANDA INDUSTRIAL		0,4	2,8
TOTAL	2,8	3,4	6,5

2 MUNICÍPIO DE GUAIÁRA

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		4,4	7,3
DEMANDA INDUSTRIAL		0,2	1,1
TOTAL	0,5	4,6	8,4

3 MUNICÍPIO DE BARRETOS

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		8,3	11,9
DEMANDA INDUSTRIAL		1,2	5,8
TOTAL	6,8	9,5	17,7

4 MUNICÍPIO DE BEBÉDOURO

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		4,8	7,2
DEMANDA INDUSTRIAL		0,7	3,4
TOTAL	5,2	5,5	10,6

5 MUNICÍPIO DE JABOTICAL

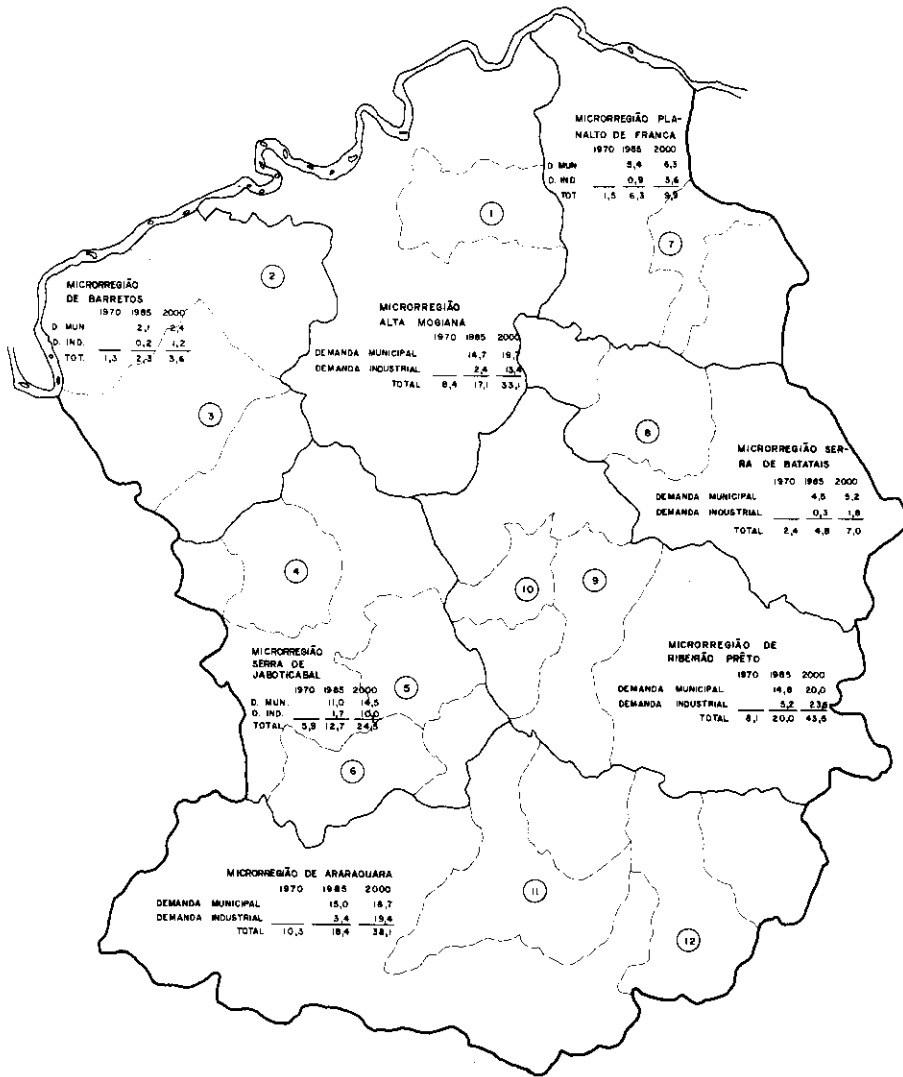
	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		4,7	6,6
DEMANDA INDUSTRIAL		0,8	3,6
TOTAL	3,3	5,5	10,2

6 MUNICÍPIO DE TAQUARITINGA

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		3,5	5,2
DEMANDA INDUSTRIAL		0,2	0,7
TOTAL	1,1	3,7	5,9

7 MUNICÍPIO DE FRANCA

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		17,6	38,9
DEMANDA INDUSTRIAL		5,3	33,3
TOTAL	5,8	22,9	72,2



8 MUNICÍPIO DE BATATAIS

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		3,5	5,0
DEMANDA INDUSTRIAL		0,2	1,2
TOTAL	4,3	3,7	6,2

9 MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRÊTO

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		35,4	63,3
DEMANDA INDUSTRIAL		3,8	19,1
TOTAL	35,0	39,2	82,4

10 MUNICÍPIO DE SERTÃOZINHO

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		4,1	5,6
DEMANDA INDUSTRIAL		1,4	8,6
TOTAL	3,4	5,5	14,2

11 MUNICÍPIO DE ARARAQUARA

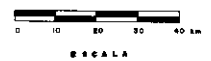
	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		13,3	19,2
DEMANDA INDUSTRIAL		3,5	17,7
TOTAL	8,9	16,8	37,9

12 MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		10,9	15,3
DEMANDA INDUSTRIAL		4,2	23,7
TOTAL	9,5	15,1	39,0

DEMANDA TOTAL DE ÁGUA DA REGIÃO 6

	1970	1985	2000
DEMANDA MUNICIPAL		181,0	276,0
DEMANDA INDUSTRIAL		36,0	194,0
TOTAL	124,5	217,0	470,0



DEMANDA ANUAL DE ÁGUA EXPRESSO EM MILHÕES DE METROS CÚBICOS

1) MICROREGIÃO - PREVISÕES NÃO INCLUEM MUNICÍPIOS COM MAIS DE 25000 HABITANTES (EM 1970)

2) AGRUPAMENTO DAS MICROREGIÕES EFETUADO PELO IBGE

RECURSOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO - REGIÃO ADMINISTRATIVA N.º 6 - RIBEIRÃO PRÊTO

TANAL CONSULTING ENGINEERS LTD - GEOPESQUISADORA BRASILEIRA

PROJETO DR. RAFAEL SUREVITZ - VERIF. ENG. RUBENS S. NAKARO

ENSC. DES. MASAROVY BERDO

DATA: NOVEMBRO/1973

BRÁFICA

ESCALA

SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
DIVISÃO DE PLANEJAMENTO GERAL

DAEE

DEMANDA TOTAL DE ÁGUA

tisse "a priori" que não é possível extrapolar diretamente os resultados obtidos em cada um dos casos para toda a região.

O segundo estudo destinou-se a fornecer uma orientação geral do custo de aproveitamento de água subterrânea, por meio de poços, e abrangeu três componentes principais:

a) investimentos globais para a execução dos poços;

b) investimentos para a extração de 1.000 metros cúbicos por ano;

c) custo por metro cúbico de água nas condições acima.

Exemplos de abastecimento municipal

A seguir é apresentado o resumo das averiguações dos exemplos analisados.

Para a cidade de **Araraquara**, que necessita com urgência de um acréscimo de abastecimento de água de uma nova fonte, fez-se uma comparação entre o abastecimento de água superficial, segundo planos existentes, e o abastecimento por meio de poços.

A comparação foi feita para determinada zona da cidade e baseou-se em grande parte, nos resultados do poço experimental executado na cidade, no âmbito do presente projeto. Este poço produziu, no primeiro teste de bombeamento, vazão superior a 110 m³/h. Sob o ponto de vista hidrogeológico, admite-se que será possível atingir nas vizinhanças da cidade produções de até 180 m³/h por poço do Botucatu com uma profundidade média de 300 m. De acordo com essa premissa, verifica-se que os investimentos básicos num sistema baseado em poços representam menos de 60% dos investimentos necessários para a execução de um sistema de águas superficiais e que as despesas anuais operacionais não atingem nem 50% das de um sistema de águas superficiais. O exame de um sistema com vazões da ordem de 100 m³/h indica que os investimentos e as despesas serão um pouco maiores, porém não modificarão qualitativamente os resultados.

A comparação realizada, se bem que não seja detalhada e exata, é suficiente para indicar a vantagem econômica apresentada pelo abastecimento por poços sobre o aproveitamento de águas superficiais.

Na cidade de **Jaboticabal**, os principais problemas de abastecimento não se relacionam com o aproveitamento de uma nova fonte de água em um futuro próximo, mas principalmente com o tratamento de águas provenientes presentemente de drenos, bem como com a ampliação da rede interna de distribuição na cidade. O poço experimental perfurado próximo à cidade, no âmbito do presente estudo, foi planejado para uma profundidade de 450 m (explorando

o arenito do Botucatu), enquanto o de Araraquara foi concebido para 300 m.

Neste caso foram examinadas três alternativas: (a) aumento de abastecimento pelo rio e tratamento de água dos drenos; (b) além dos recursos utilizados atualmente, equipar o poço em execução; (c) basear o acréscimo de água em poços, abandonando os drenos, cuja água se encontra contaminada, podendo tornar-se mais poluída ainda com o tempo.

Quanto aos investimentos, no caso de Jaboticabal, a vantagem da utilização de poços em lugar de águas superficiais não é tão evidente como no caso de Araraquara, principalmente devido à maior profundidade de perfuração. Salienciamos aqui que os custos de tratamento de água superficial constituem um fator significativo e, com relação a esse aspecto, os poços apresentam, sem dúvida, vantagens. A decisão quanto à seleção da fonte de água deve ser feita, nessa hipótese e em similares, só após um exame minucioso de algumas alternativas.

Entre as treze cidades da **microrregião da Alta Mogiana**, foram examinadas as possibilidades de abastecimento nos quatro municípios seguintes: Miguelópolis, Igarapava, Buritizal e Aramina.

As características comuns nesses municípios são:

a) As cidades são pequenas, com população entre 5 mil e 12 mil habitantes;

b) a previsão de crescimento da população indica uma taxa muito pequena ou mesmo nenhum crescimento;

c) em nenhum desses municípios o abastecimento de água público se baseia em captação de águas de rios e tratamento. As fontes do abastecimento dessas cidades são mananciais, drenos e poços.

Existem na região cerca de 31 poços que, em sua maioria, extraem água das camadas de basalto. A profundidade dos poços varia entre 90 e 224 m e a produção fica entre 6 e 80 m³/h. Das quatro cidades, somente em Igarapava a perfuração atingiu camadas de arenito do Botucatu, e isso em profundidade relativamente pequena (menos que 150 metros).

Na análise dos exemplos, verificou-se que o problema do tratamento, nas pequenas cidades que consomem quantidade relativamente baixa de água, é o mais grave, devido ao elevado custo do tratamento (por metro cúbico) e às dificuldades de conseguir profissionais adequados. Nessas cidades um só poço pode suprir o consumo diário, assegurando qualidade adequada de água, sem necessidade de tratamento. Não é de se admirar, portanto, que algumas das cidades já tenham abandonado a utilização de mananciais e drenos como fonte de abasteci-

mento público. Mesmo sem entrar em uma análise econômica detalhada, é possível afirmar que em cidades pequenas, nas quais haja água subterrânea, se deve adotar a solução utilizada atualmente nas cidades examinadas, ou seja, basear totalmente o abastecimento de água urbano em poços.

Abastecimento para agricultura

No setor de consumo agrícola, não se dispõe ainda, lamentavelmente, de dados suficientes para efetuar uma análise de viabilidade do aproveitamento de água subterrânea para irrigação. Praticamente toda a área agrícola da região é cultivada com lavouras de sequeiro.

Segundo estimativas preliminares realizadas pelo DAEE, a área irrigada na região poderá atingir, no final do século, 150 a 200 mil hectares e a quantidade de água necessária para a irrigação dessa área foi estimada em 900 a 1.200 milhões de metros cúbicos por ano. Não há dúvida de que, quanto ao aspecto econômico, será dada prioridade à irrigação das áreas que se estendem ao longo dos rios, aproveitando a água dos mesmos por desvio ou bombeamento, de acordo com as condições locais.

Apesar disso, é razoável admitir que existam na região áreas adequadas para irrigação, que se encontram a grandes distâncias dos rios e cuja irrigação por meio de água subterrânea pode ser mais econômica que a adução de água superficial. Para materializar essa idéia, foi feito um cálculo como exemplo dos investimentos e despesas anuais necessários para irrigar uma área de 2 mil hectares, em função da distância a que se acham do rio. A comparação foi efetuada entre o aproveitamento da água subterrânea e a adução da água do rio. O cálculo demonstrou que em determinadas condições será mais econômico aproveitar a água subterrânea, quando a distância do rio for superior a 5-6 km. Embora não seja possível tirar conclusões categóricas baseadas em um determinado exemplo de cálculo, esse permite indicar que, caso a extensão da área irrigada atinja realmente a ordem de grandeza mencionada, e considerando o enorme potencial de água subterrânea na região em muitas áreas distantes dos rios, a irrigação com água subterrânea será mais econômica que com águas superficiais. Obviamente, cada caso deverá ser examinado particularmente, levando em conta a localização geográfica, a situação hidrogeológica e outros parâmetros diversos.

Custos da água subterrânea

Conforme se expôs, foram realizados, para fins de orientação geral, cálculos dos investimentos e despesas relativas à execução dos poços e sua operação. Os cálculos foram reali-

zados com base em uma lista de preços cuja elaboração se fundamentou nas informações coletadas tanto de fontes governamentais como de empresas de perfuração que operam no Estado de São Paulo (1974). Os cálculos foram feitos para os três aquíferos principais da região Botucatu, Basalto e Bauru, considerando diversas profundidades de perfuração e diversas vazões.

No cálculo das despesas anuais, admitiu-se que o bombeamento fosse feito até a superfície do solo. As demais premissas para os cálculos — tais como dados hidrogeológicos, número de horas de bombeamento por ano, custo de energia, juros, amortização e outras — são apresentadas no texto do relatório.

É necessário enfatizar que a base para os preços dos poços do Botucatu (de grande diâmetro) foram os poços experimentais e, portanto, devido à limitada experiência das empresas locais na perfuração com diâmetros e profundidades grandes e devido também às exigências especiais das pesquisas, os custos de perfuração no Botucatu foram relativamente elevados.

O quadro apresentado adiante apresenta o resumo dos investimentos globais, os investimentos para a extração de 1.000 metros cúbicos por ano e o custo por metro cúbico de água, para cada aquífero e algumas profundidades.

Considerações e linhas de guia para planificação

O potencial de água subterrânea da Região Administrativa n.º 6 é gigantesco em comparação com a quantidade de água aproveitada atualmente e mesmo com as previsões de consumo para o final do século.

Atualmente, grande parte do aproveitamento de água subterrânea se concentra em Ribeirão Preto e em algumas cidades pequenas, ao passo que as cidades grandes e médias utilizam, quase exclusivamente, águas superficiais. Isso ocorre principalmente devido à grande disponibilidade de águas superficiais, mas também devido à inexperiência em extração de água subterrânea por poços profundos e de grande diâmetro.

Ribeirão Preto é uma das regiões do Estado de São Paulo que se têm desenvolvido tanto no setor agrícola como no urbano e industrial. É razoável admitir que, com o crescimento do consumo de água para a indústria, se agrave o problema da qualidade da água nos rios que servem como recipientes dos despejos e também como fonte de água para as cidades. A poluição de água dos rios trará obrigatoriamente um encarecimento considerável das despesas de tratamento, podendo eventualmente, em alguns casos, torná-lo inviável. Quanto a esse

INVESTIMENTOS E CUSTOS DA ÁGUA DE POÇOS SEGUNDO PROFUNDIDADE E VAZÃO

(Preços de 1973)

Aquífero Botucatu	ESPECIFICAÇÃO	Profundidade - 300m		Profundidade - 500m		Profundidade - 700m	
		100 m ³ /h	250 m ³ /h	100 m ³ /h	250 m ³ /h	100 m ³ /h	250 m ³ /h
	Investimento Total (Cr\$)	555.000	882.000	829.000	1.300.000	1.210.000	1.960.000
Investimento por mil m ³ anuais (Cr\$)	694	441	1.036	650	1.513	980	
Custo por metro cúbico (centavos)	14,3	10,5	20,0	14,0	27,9	19,5	
Aquífero Basalto	Especificação	Profundidade - 120m		Profundidade - 150m		Profundidade - 200m	
		40 m ³ /h	80 m ³ /h	40 m ³ /h	80 m ³ /h	40 m ³ /h	80 m ³ /h
	Investimento total (Cr\$)	156.000	208.000	168.000	220.000	197.000	249.000
	Investimento por mil m ³ anuais (Cr\$)	486	324	523	343	614	388
	Custo por m ³ (centavos)	10,9	8,8	11,6	9,1	13,1	9,9
Aquífero Bauru	Especificação	Profundidade - 80m		Profundidade 120m		Profundidade - 150m	
		40 m ³ /h		40m ³ /h	80 m ³ /h	40 m ³ /h	80 m ³ /h
	Investimento total (Cr\$)	115.000		133.000	185.000	147.000	198.000
	Investimento por mil m ³ anuais (Cr\$)	358		414	288	458	308
	Custo por m ³ (centavos)	8,9		9,8	8,2	10,5	8,5

item (sem levar em consideração outros aspectos econômicos), é justificável dar à água subterrânea uma atenção cada vez maior, evitando assim investimentos pesados na ampliação dos sistemas de abastecimento de água superficial.

As análises das cidades selecionadas na região indicam as seguintes linhas de ação:

Em cidades localizadas em região em que a profundidade dos poços nas camadas do Botucatu não exceda 500 m, há grande possibilidade de que o aproveitamento de água subterrânea seja mais econômico que a captação de água de rios e seu tratamento.

Na medida em que a profundidade dos poços exceda 500 m, aproximadamente, a vantagem econômica da água subterrânea se reduz. Porém, apesar disso, não se pode eliminar a alternativa da captação de água subterrânea sem um exame minucioso.

Em cidades pequenas, os poços apresentam vantagens evidentes sobre quaisquer outras fontes de água, visto poderem ter pequenas vazões e profundidades relativamente pequenas. É possível ligar os poços diretamente aos sistemas, sem necessidade de tratamento oneroso e sem dependência das variações de vazão de mananciais, em consequência de variações climáticas.

Nas cidades em que, devido à altitude, não seja possível perfurar poços e que se encontram distantes de uma fonte de água superficial estável, deve-se examinar a possibilidade de adução de água dos poços localizados a uma certa distância da cidade, em comparação ao bombeamento e recalque da água do rio e seu tratamento.

Além das ponderações econômicas acima, enfatizam-se algumas vantagens adicionais da água subterrânea em relação a águas superficiais:

Possibilidade de desenvolver o sistema de abastecimento em etapas e, com isso, evitar a necessidade de grandes investimentos no estágio inicial.

Maior flexibilidade na execução dos sistemas, considerando as modificações que possam ocorrer no planejamento físico da cidade.

Não é preciso manter equipes de profissionais nas estações de tratamento. Essa vantagem se evidencia principalmente nas cidades relativamente pequenas.

Independência das variações climáticas quanto aos aspectos quantitativo e qualitativo (redução de produção dos mananciais na estação seca, ou grandes quantidades de sedimentos nos rios, nos períodos de enchentes).

Com respeito ao aproveitamento de água subterrânea para irrigação, o quadro atual é menos definido. É razoável admitir-se que o de-

envolvimento da irrigação será gradual e as áreas prioritárias serão as que se estendem ao longo dos rios, por não obrigarem a grandes investimentos para bombeamento e adução. Entretanto, deve-se considerar também a possibilidade de aproveitamento de água subterrânea para a irrigação de áreas a distâncias significativas dos rios e de regiões em que não haja necessidade de perfurar grandes profundidades.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O projeto aqui relatado foi promovido pela Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, através de seu Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), em conformidade com sua política de dinamizar o desenvolvimento dos recursos hídricos. De acordo com as diretrizes da "Avaliação preliminar das águas subterrâneas no Estado de São Paulo" adotadas pelo DAEE, as metas do projeto foram atingidas em dois anos de trabalho na Região Administrativa n.º 6, Ribeirão Preto.

Das atividades do estudo, descritas nos capítulos anteriores, foram extraídas importantes conclusões de vários tipos, científicas, técnicas, políticas ou didáticas. Essas conclusões estão reunidas adiante, em cinco setores que são: (a) situação, características e evolução da região; (b) conclusões relativas aos recursos de água subterrânea, sua ocorrência, aproveitamento atual, situação e avaliação de seu potencial; (c) o aproveitamento e a demanda de água na região; (d) diretrizes para uma política de desenvolvimento da água subterrânea; (e) conclusões operacionais e organizacionais para ação a curto prazo e as necessárias para facilitar o processo de desenvolvimento e a conservação dos recursos hídricos na região.

Além disso, nos capítulos respectivos do presente relatório foram apresentadas e discutidas conclusões e recomendações detalhadas quanto a assuntos específicos. Algumas dessas recomendações foram já concretizadas no decorrer do estudo; a execução das demais, principalmente nos diversos campos tecnológicos, é uma questão de esforços, recursos e tempo.

A região e seu desenvolvimento

1. É evidente que a Região Administrativa n.º 6 (Ribeirão Preto) do Estado de São Paulo se encontra em pleno processo de desenvolvimento e progresso, que deve perdurar no futuro próximo. Contribuem para tanto muitos fatores, entre os quais as feições naturais da região (morfologia moderada, boas terras, clima semitropical, grandes rios) bem como o crescimento demográfico, a existência de uma infraestrutura avançada e o desenvolvimento econô-

mico decorrente da evolução da indústria e da agricultura.

2. Encontram-se na região abundantes recursos hídricos. Os rios que atravessam a região e dela partem carregam cerca de 20 bilhões de metros cúbicos de água por ano e são caudatários dos rios Grande e Tietê (os maiores da região), a montante de uma série de grandes represas.

3. A população dos oitenta municípios da região, que em 1970 era de 1,4 milhão de habitantes, tem o seu abastecimento de água (principalmente para fins urbanos) baseado, em sua maior parte, na captação e no tratamento de água dos rios.

Nos últimos anos, aumentou a utilização da água subterrânea, especialmente na cidade de Ribeirão Preto. Em quase todos os municípios existe a necessidade de intensificar o abastecimento de água (para fins domésticos, industriais ou agrícolas), a fim de se superar a atual escassez de água ou atender ao acelerado crescimento da demanda no futuro próximo.

4. Embora não seja ainda um problema grave em toda a região, já se nota um aumento de poluição dos rios, o que implica a elevação do nível de tratamento de água nos sistemas de abastecimento de algumas cidades e investimentos adicionais em instalações de esgotos e disposição de afluentes residuais. Prevê-se que num futuro próximo o problema se acentue, devido ao aumento de volume dos esgotos domésticos e industriais e devido à poluição crescente provocada pelo uso de matérias tóxicas (inseticidas, etc.) na agricultura.

5. Os órgãos estaduais de planejamento e de desenvolvimento dedicam à região esforços e meios consideráveis, no âmbito de interiorização do desenvolvimento, e ocupam-se também de intensificar a exploração de recursos hídricos para diversos fins. De acordo com essas diretrizes, o DAEE responsabilizou-se pelo presente estudo de pesquisa e desenvolvimento dos recursos de água subterrânea, que representa um projeto pioneiro no Estado e tem alcançado êxitos importantes.

Recursos de água subterrânea

1. Três grandes aquíferos se encontram na região:

a) O aquífero arenoso do Botucatu (que inclui também a parte superior da formação Pirambóia) é o maior e o mais importante como fonte de água.

b) O aquífero dos basaltos da Formação Serra Geral e dos "sills" inferiores;

c) O aquífero dos sedimentos superiores da Formação Bauru.

Além disso, encontra-se água subterrânea

também nos sedimentos aluviais adjacentes aos rios.

2. As quantidades potenciais de água subterrânea, ou seja, as disponíveis e que podem ser aproveitadas por meios convencionais, são muito grandes, tendo sido estimadas em cerca de 3,8 bilhões de metros cúbicos por ano. A sua maior parte acha-se no aquífero principal, o Botucatu. Exploração anual alcançando essa ordem, até o fim do século, não causará efeitos indesejáveis.

3. Uma característica importante do Botucatu é a de o seu potencial ser, em grande medida, flexível e poder ser aumentado por vários meios. O aquífero é capaz também, caso necessário, de atender a uma extração em excesso (superexploração).

4. A qualidade físico-química da água subterrânea é de alto padrão e adequada para qualquer uso: doméstico, agrícola e para a maioria das indústrias. A água subterrânea é isenta de poluição biológica e, na medida em que os poços na área urbana sejam afastados de esgotos livres e tampados adequadamente, é remoto o perigo de sua contaminação. Atualmente, a água subterrânea já pode substituir, em algumas cidades, o abastecimento de fontes superficiais poluídas e turvas.

5. A exploração atual da água subterrânea na região abrange somente cerca de 70 milhões de metros cúbicos por ano e atende apenas às necessidades municipais e industriais. O bombeamento cresceu em ritmo acelerado a partir da década de 60. A maior parte da exploração se concentra em Ribeirão Preto e sua vizinhança, bem como ao redor de Araraquara. Evidentemente, há lugar para intensificar a exploração da água subterrânea e ampliá-la em outras áreas.

6. O conhecimento limitado da hidrogeologia detalhada da região e a falta de tecnologia moderna refletiram-se em poços precários, mal construídos e de baixa rentabilidade. Os poços da região têm produzido vazões reduzidas (em média, 54 metros cúbicos por hora nos poços do Botucatu, 20 m³/h no Basalto e 15 m³/h no Bauru) e freqüentemente, com extração danosa de areia.

7. Por outro lado, os poços experimentais executados no decorrer do projeto indicaram que, por meio de perfurações planejadas e executadas apropriadamente, é possível bombear do Botucatu centenas de metros cúbicos por hora, sem extração prejudicial de areia.

8. Os aquíferos Bauru e Basalto têm reduzida importância, por causa da baixa capacidade de produção de seus poços (menos de 80 m³/h) e devido à pequena possibilidade de conseguir o rendimento desejável. Entretanto, fre-

qüentemente é conveniente e econômico explorar essas formações para o abastecimento local limitado. As técnicas de perfuração existentes devem ser melhoradas, para de tornar a exploração mais eficaz.

9. A este e sul da parte central da região, encontra-se um elevado potencial de perfuração para exploração (poços relativamente rasos e vazões elevadas) ao passo que a oeste e noroeste o potencial é menor, devido à necessidade de perfurar mais profundamente para atingir o Botucatu ou à utilização de poços de vazões pequenas no Basalto e no Bauru. Ao longo do limite oriental ocorre também uma diminuição do potencial de perfuração.

10. Através de alguns recursos, certas operações e modificações técnicas, pode-se elevar consideravelmente o índice de êxito da perfuração e aumentar o ritmo de exploração na região. Trata-se principalmente de locação correta dos pontos de perfuração, do projeto dos poços e das atividades da perfuração, da modernização de sua tecnologia, do processo de desenvolvimento adequado dos poços, dos ensaios de bombeamento apropriados, bem como do planejamento racional da produção dos campos de exploração.

11. O cadastro de todos os poços da região, elaborado no âmbito do estudo, já está sendo utilizado, praticamente, nas pesquisas hidrogeológicas e no planejamento de desenvolvimento da água subterrânea. Em futuro próximo formará também a base para um sistema de vigilância e de fiscalização da exploração. Portanto, recomenda-se a continuação do serviço de observação em poços selecionados.

Uso e demanda de água

1. O consumo geral de água na região, em 1970, era de cerca de 124 milhões de metros cúbicos por ano. O consumo médio ("per capita" é relativamente alto: 227 litros por dia (83 metros cúbicos por ano), embora em muitos centros urbanos o consumo "per capita" seja inferior a 100 l/dia e, em outros, superior a 400 l/dia.

2. A maior parte da população urbana dos municípios da região (88%) recebe água de sistemas públicos de abastecimento, enquanto existem inúmeras cidades, principalmente pequenas, onde a situação está longe de ser considerada satisfatória.

3. O consumo de água no setor industrial é ainda pequeno, reduzindo-se a alguns milhões de metros cúbicos por ano, o que representa cerca de 5% do consumo total na região. A agricultura na região é ainda baseada no sequeiro. Aqui e ali há tentativas de irrigação, porém em pequena escala, e as quantidades de

água aproveitadas para esse fim são desprezíveis.

4. O aproveitamento de água subterrânea constitui, de acordo com o Diagnóstico, cerca de 40% do consumo total de água da região (ou porcentagem maior, segundo o presente estudo). Essa proporção de aproveitamento de recursos hídricos não é uniforme para toda a região. A sub-região de Ribeirão Preto recebe de fontes de água subterrânea 90% de seu abastecimento, ao passo que a maioria das demais sub-regiões é suprida principalmente por águas superficiais. O grau de aproveitamento da água subterrânea na região é relativamente alto em comparação com as demais regiões do Estado de São Paulo. Ultimamente, em grande medida por influência do presente projeto, vem crescendo bastante a proporção de água de poços no abastecimento geral.

5. Foram elaboradas previsões de demanda de água para os três setores de consumo: urbano, industrial e agrícola. De acordo com essas premissas, o consumo urbano e o industrial, juntos, atingirão em 1985 220 milhões de metros cúbicos por ano (Mmc/a) e, no final do século, 470 Mmc/ano. Essas cifras constituem valores selecionados de uma faixa bastante ampla de previsões e se destinam tão-somente a indicar a ordem de grandeza da demanda de água desses setores no futuro. Segundo uma estimativa preliminar, ao final do século a área irrigada poderá atingir cerca de 150 a 200 mil hectares e a quantidade de água necessária para a sua irrigação poderá chegar a 900-1.200 Mmc/ano.

Desenvolvimento futuro da água subterrânea

1. O atual aproveitamento de água subterrânea constitui apenas 1,5% do potencial de água subterrânea calculado para a região. A demanda global de água prevista para o fim do século também representa ainda uma parte relativamente pequena desse potencial. Isso significa que, quanto ao aspecto quantitativo regional e global, não há limitações para o aproveitamento de água subterrânea para fins de abastecimento de qualquer tipo.

2. Em parte da região, onde a profundidade de perfuração necessária para atingir o Botucatu não é superior a 500 m, existe razoável possibilidade de que o abastecimento de água urbano e industrial com água subterrânea seja economicamente mais vantajoso que com águas superficiais. Naturalmente, cada caso deve ser examinado de forma específica antes de qualquer decisão nesse sentido.

3. À medida que a profundidade necessária de perfuração cresce, a conveniência de se apoiar em água subterrânea diminui. Apesar

disso, não se pode eliminar "a priori" a possibilidade de aproveitamento de água subterrânea em profundidades relativamente maiores.

4. Nas pequenas cidades e povoados, os poços rasos e baratos apresentam uma grande vantagem, mesmo que suas vazões sejam pequenas. O número de poços necessários, nesse caso, é pequeno e a principal vantagem está na possibilidade de aproveitar a água, sem necessidade de tratamento, que envolve despesas significativas e mão-de-obra especializada.

5. O desenvolvimento industrial, previsto na região, trará obrigatoriamente também a poluição crescente dos rios, principal fonte de abastecimento das cidades. Isso poderá encarecer o tratamento e, em determinados casos, torná-lo inviável. Quanto a esse aspecto, a água subterrânea apresenta, indubitavelmente, uma significativa vantagem sobre a água superficial. Além disso, cabe enfatizar, ainda, as seguintes vantagens da água subterrânea:

a) A possibilidade de ampliar, por etapas, os sistemas de abastecimento de água.

b) A possibilidade de solucionar, por meio de perfuração, problemas de áreas de consumo que sofrem de escassez de água ou de pressão.

c) Independência de fatores climáticos e principalmente no referente à turbidez da água em épocas de inundação.

6. Os planos de irrigação, na região, ainda não estão definidos. Sem dúvida, será dada prioridade à irrigação de áreas ao longo dos rios, porém não se pode deixar de lado a possibilidade de irrigação de áreas mais distantes dos rios e de culturas seletivas, por meio de bombeamento de poços, e isso poderá ser atrativo especialmente para áreas relativamente pequenas.

7. Para fins de orientação geral quanto aos investimentos e despesas anuais, relacionados com a execução de poços e a extração de água por seu intermédio, em diversas partes da região, elaboraram-se tabelas e gráficos que são apresentados no capítulo L.4 do presente relatório.

Recomendações operacionais e organizacionais

1. A fim de promover o desenvolvimento da água subterrânea na região e o seu potencial econômico, deve-se dispor de recursos e meios adequados e atuar de forma intensiva, conforme as seguintes diretrizes principais: difundir a consciência de aproveitamento da água subterrânea e suas possibilidades; planejar o desenvolvimento e a exploração por meio de uma orientação central; formular uma legislação adequada para água subterrânea; estabelecimento de um órgão apropriado para o planeja-

mento, execução e fiscalização das atividades no campo da água subterrânea; preparação de instrumentos e aperfeiçoamento das técnicas de execução. Apresentam-se a seguir as conclusões e recomendações a respeito desses importantes aspectos.

2. Em decorrência das atividades do projeto, manifestou-se na maioria dos municípios da região e em sua periferia um interesse crescente quanto às possibilidades latentes dos recursos de água subterrânea para solucionar problemas de abastecimento de água.

Dezenas de solicitações foram dirigidas ao DAEE com o intuito de obter auxílio técnico, financeiro e político para a execução de poços. Deve-se incentivar essa tendência e ampliar a divulgação das averiguações do estudo, suas conclusões e respectivas projeções, seja entre os habitantes da região e suas entidades, seja entre os órgãos estaduais de planejamento e desenvolvimento.

É importante estimular as diversas prefeituras, principalmente as que se encontram às voltas com a ampliação dos seus sistemas de abastecimento de água nos próximos anos, a desenvolver exames técnicos e econômicos quanto à possibilidade de aproveitamento de fontes de água subterrânea locais para esses fins.

3. Comprovou-se como eficiente e satisfatória a concepção metodológica adotada no projeto, cujos aspectos principais foram: (a) atuação de forma multidisciplinar; (b) integração da pesquisa e estudos científicos metódicos com o planejamento e a execução prática de esquemas da exploração da água subterrânea para o abastecimento; (c) preparar, em paralelo, um quadro de técnicos ativos e de alto nível; (d) disseminação rápida dos resultados imediatos do projeto e irradiação de seus efeitos à região e ao país.

4. A fim de alcançar os objetivos do DAEE, a saber, a coordenação e orientação da política de aproveitamento e preservação dos recursos hídricos do Estado, e acelerar a aplicação dessa política em todo o Estado, recomenda-se que o DAEE dê continuidade a essas atividades no campo de águas subterrâneas e mesmo as amplie e aprofunde.

5. Faz-se necessária uma legislação adequada ao setor de recursos de água subterrânea, que trate de alguns aspectos principais, tais como:

a) Evitar danos aos recursos de água subterrânea do Estado e aos usuários individuais, provocados por poços em grandes concentrações e explorando excessivamente o mesmo lençol.

b) Obrigação de registrar em órgão gover-

namental todo poço projetado e de apresentar relatórios com dados e informações da perfuração, tais como: perfil geológico (com amostras), estrutura de poço, nível da água, resultados de ensaios de bombeamento, etc.

c) Normas e padrões para a perfuração e construção de poços, para ensaios de bombeamento e para instalação de equipamento permanente.

d) Exigências quanto à habilitação de empresas de perfuração, para a orientação dos solicitadores de serviços e para uso em licitações públicas.

e) Prevenção de contaminação sanitária nos poços e vigilância contra poluição geral dos aquíferos.

6. Recomenda-se coletar, processar e arquivar, de forma centralizada (como um cadastro estadual), os dados de poços obtidos no âmbito do presente estudo, no projeto de águas subterrâneas da Grande São Paulo, e pelos levantamentos efetuados por outras entidades (IPT, IGG e outros). Assim, estudos futuros poderão apoiar-se nesse arquivo central e, por sua vez, quando terminados, fornecerão ao mesmo seus novos resultados.

7. Os fichários de medições e dos dados

existentes no campo da hidrologia e hidrometeorologia, os métodos de processamento e análise desenvolvidos no âmbito do presente estudo, bem como os resultados dos cálculos efetuados, poderão desde já atender também a outros objetivos, como: planejamento avançado de sistemas de represas e grandes reservatórios, inclusive sua operação, planejamento de controle de enchentes, planejamento de esquemas de abastecimento de água, planejamento de irrigação, pesquisas hidrológicas, etc.

8. Propõe-se que o estudo subsequente de águas subterrâneas seja realizado em regiões adjacentes à Região Administrativa n.º 6, que a completam hidrologicamente. Nesse próximo estudo é desejável manter o conceito metodológico atual, incluindo parte das recomendações aqui formuladas, mas naturalmente ajustado às características específicas da região selecionada.

9. Recomenda-se que os órgãos governamentais tomem medidas para ampliar e melhorar a capacidade de perfuração de poços no Estado, visando, de um lado, ao rápido desenvolvimento das águas subterrâneas e, de outro, a superar a deficiência técnica que ainda existe no setor de execução de poços.



noticiário

INTERLIGAÇÃO DAS REDES DA CAPITAL

Paralelamente ao seu programa de expansão da rede de água, para atendimento a bairros da periferia, a Sabesp vem desenvolvendo um trabalho de interligação das redes existentes em toda a cidade de São Paulo, numa ação denominada "fechamento de malhas". Desde meados do ano passado estão sendo assentados 150 km dessas interligações em bairros e vilas das regiões da Mooca, Vila Formosa e Penha, num conjunto de obras no valor de 10 milhões de cruzeiros.

Atualmente, a empresa prepara-se para iniciar as obras de mais 350 km de novas canalizações, que complementarão as interligações

necessárias em toda a cidade. Nessa segunda etapa do trabalho serão aplicados 80 milhões de cruzeiros.

Para explicar o que é o "fechamento de malhas", os técnicos da Sabesp informam que muitos trechos de ruas de São Paulo, ao longo dos 9 km de redes existentes na cidade, deixaram de ser atendidos anteriormente, ou por se situarem em locais inabitados e sem edificações, ou pela existência de obstáculos, como córregos, estradas de ferro, etc. Objetivando atender a esses trechos não beneficiados, a Sabesp decidiu desenvolver um programa que abrangesse toda a cidade. O "fechamento de malhas", além de suprir com água encanada a população desses locais, eliminará, nas extremidades das canalizações, os pontos que, devido ao fato de a água não poder circular livremente, apresentavam, muitas vezes, cor e turbidez, fugindo

aos altos padrões de qualidade do restante da água distribuída à população paulistana.



CURSOS REGULARES

Durante o mês de outubro serão realizados na sede da CETESB os cursos de Projetos de Lagoas de Estabilização e Valos de Oxidação; Ramal Domiciliar e Contaminação das Águas por Pesticidas.

Mais informações a respeito de qualquer curso podem ser obtidas na CETESB, Superintendência de Treinamento à Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 ou pelo telefone 210-1100 (ramais 408, 362 e 379), São Paulo, SP.