

sympo = 300 2855

13998
Montevidéu
memória
v. 2

ASPECTOS GEOMÉTRICOS, LITOLÓGICOS E PRODUTIVOS DOS SISTEMAS AQUÍFEROS TUBARÃO E CRISTALINO ENTRE AS CIDADES DE ITU E SALTO DE PIRAPORA, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.

Geiraldio Hideo Oda *

José Milton Benetti Mendes **

* Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Av. Miguel Estéfano 3.900, São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil, Tel. (011) 276.8721.

** Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. R. do Lago 562, Cidade Universitária, São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil, Tel. (011) 818.42.02.

Palavra-chave: Gestão de água subterrânea, geometria, sistemas aquíferos Tubarão e Cristalino, borda leste da Bacia do Paraná, litologia, profundidade e produtividade dos poços.

RESUMO

O conhecimento tridimensional dos aquíferos é importante no manejo dos recursos hídricos, principalmente no ciclo hidrológico e na gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Neste trabalho, são apresentados os resultados de uma avaliação hidrogeológica de um aquífero sedimentar e um cristalino, localizados no sudeste do Estado de São Paulo, na região entre as cidades de Itu e Salto de Pirapora. A avaliação baseou-se em 576 poços e numa base geológica da área estudada. Os resultados são apresentados em diferentes mapas: Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino, Mapa de Isoespessura do Sistema Aquífero Tubarão e Mapa de Distribuição de Poços Classificados por Sistemas Aquíferos. Além destes mapas são também apresentados perfis geológicos de direção E-W. Valores de capacidade específica dos poços mostraram-se melhores para o aquífero cristalino quando comparados ao aquífero sedimentar, na área de estudo. Estes valores do cristalino são cerca de três vezes superiores ao do aquífero sedimentar.

ABSTRACT

The three-dimensional knowledge of aquifer systems has fundamental importance on global water resources, mainly in questions concerning evaluation of hydrologic cycle and to subsidize groundwater management. The scope of this work is to present the hydrogeologic evaluation results of a sedimentary and a crystalline aquifers located in the southeast part of São Paulo State, comprising the region between *Itu* and *Salto de Pirapora* cities. The evaluation was based on a database containing 576 wells and a geological map from the study area. The results are presented in different maps: structural contour map of the crystalline embasement top, sedimentary thickness map, geological map and well classification map based on aquifer exploited. Besides these maps geological cross-sections are presented to give a three-dimensional view from the aquifers, showing the irregularities of the bedrock contour which slopes to the west direction. Specific capacity values calculated to the wells showed a better productivity from crystalline aquifer when compared with the sedimentary aquifer in the study area. These values in crystalline aquifer are around three times higher than in sedimentary aquifer.

INTRODUÇÃO

Em geral o aumento constante do número poços tubulares profundos para o atendimento das demandas de água subterrânea, frente as limitações naturais dos sistemas aquíferos, tem provocado conflitos entre os usuários de água subterrânea. Assim sendo, o conhecimento dos sistemas aquíferos deve ser constantemente atualizado, para subsidiar a administração dos recursos hídricos subterrâneos. Apesar de alguns estados e municípios já possuírem legislações próprias sobre as águas subterrâneas, os mesmos não estão suficientemente aparelhados para exigirem o cumprimento dessas leis. Assim sendo, de maneira geral, ficam a desejar a observância das normas e diretrizes legais, e mesmo o bom senso em relação ao uso, proteção e conservação das águas subterrâneas. Além disso, faltam também os programas educativos, a criação de campanhas para condenar o mau uso das reservas de água subterrânea e o incentivo à legalização das obras e captação já existentes.

O presente trabalho constitui um instrumento de suporte à administração das águas subterrâneas, e contém informações principalmente sobre a geometria dos sistemas aquíferos e das litologias da área estudada.

Os dados utilizados no presente trabalho, foram obtidos através do desenvolvimento de três projetos do INSTITUTO GEOLÓGICO da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Folha de Salto de Pirapora 1:50.000 e municípios de Sorocaba e Itu) vinculados ao programa institucional denominado "Cartas Geológicas e Geotécnicas para o Planejamento Ambiental na Região entre Sorocaba e Campinas", que objetivou o levantamento dos atributos do meio físico-geológico, com vistas a ocupação territorial, cujos dados foram reavaliados e integrados por ODA (1998).

OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho é o fornecimento de uma visão tridimensional dos sistemas aquíferos, em especial do Sistema Aquífero Tubarão, principalmente para a observação de suas variações laterais de espessura, com a finalidade de subsidiar a administração dos recursos hídricos subterrâneos.

LOCALIZAÇÃO

A área estudada abrange toda a extensão territorial dos municípios de Sorocaba e Itu e, parcialmente dos seguintes municípios: Salto de Pirapora, Araçoiaba da Serra, Sarapuí, Piedade, Pilar do Sul, Capela do Alto e Votorantim, no centro-leste do Estado de São Paulo, Brasil, totalizando cerca de 1.770 km².

Esta área insere-se num quadrângulo regular com as seguintes coordenadas geográficas: 23° 10' e 23° 45' de latitude sul; e 47° 05' e 47° 45' de longitude oeste. As coordenadas UTM deste quadrângulo são: 220 e 285 km E; e 7.370 e 7.440 km N.

A distância média da capital paulista (São Paulo) até à área estudada é de aproximadamente 150 km (Figura 1). O principal acesso rodoviário à área, é a Rodovia Presidente Castelo Branco (SP 270).

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E CLIMÁTICOS

A área situa-se na transição entre duas províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico e Depressão Periférica (ALMEIDA 1964).

SANTOS (1952) e MODENESI (1974) desenvolveram estudos nesta zona de transição, e registraram a ocorrência de níveis de relevo que decrescem gradualmente de altitudes de leste para oeste, correspondentes a patamares erosivos que se destacam no relevo.

Estudando a região de Sorocaba, SANTOS (*op. cit.*) destacou a ocorrência de 4 níveis de relevo com altitudes decrescentes de leste para oeste. O primeiro, tem uma altitude média de 900 m (Serra de São Francisco); o segundo entre 750 e 650 m (Grupo São Roque); e o terceiro de 650 a 600 m (Subgrupo Itararé); e o último correspondente às várzeas dos rios Sorocaba e seus afluentes, entre 550 e 500 m.

As formas de relevo mais comuns associadas ao primeiro e segundo níveis, são morrotes alongados paralelos, com topos arredondados e vertentes de perfis retilíneos a convexos, ou espigões de topos angulosos e achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos.

O terceiro nível topográfico (650 a 600 m) está associado às litologias do Subgrupo Itararé e às do Pré-Cambriano com espesso manto de alteração. É caracterizado por um relevo colinoso, com amplitudes ao redor de 100 m, correspondente a colinas médias com topos aplainados e vertentes de perfis convexos e retilíneos.

As várzeas do Rio Sorocaba e de seus afluentes, de expressão localizada, representam a quarta feição geomorfológica da região e, ao contrário das anteriores, são relevos de agradação relacionadas à ação construtiva fluvial (550 a 500 m).

MODENESI (1974) caracterizou a região de Itu-Salto, definindo a *"ocorrência de níveis topográficos quase planos (1 a 1,5 % de declividade) que se sucedem como degraus, dos altos da Serra de Itaguá (900 m) às mais baixas colinas da Depressão Periférica (550 m)."*

Os 7 níveis definidos, na passagem da Zona do Médio Tietê para o Planalto Atlântico, documentariam eventos erosivos decorridos após o Terciário Médio, *"como formas resultantes de fases sucessivas de aplainamento lateral e dissecação vertical, sob lenta e constante epirogênese..."*

O clima da região, segundo MONTEIRO (1976 *apud* TAVARES 1997) situa-se, climaticamente, na chamada *"Percée"* do Tietê, na unidade geomorfológica da Depressão. O clima é tropical alternadamente seco a úmido, controlado basicamente por massas equatoriais e tropicais.

De acordo com a classificação empírico-descritiva de KÖPPEN é do tipo Cwa tropical úmido com verões quentes e chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual é de 21,6 °C.

TAVARES (1997), em sua apresentação espacial da pluviosidade média para o período de 1972 a 1991 (quadrícula: 23° e 24° de latitude sul; e 47° e 48° de longitude W, que engloba a área estudada deste trabalho), concluiu que na caracterização regional das chuvas da região de Sorocaba *"evidenciou o que outros estudos de abrangência espacial maior delinearam"*, isto é, *"Sorocaba localiza-se numa área de transição climática, reflexo da situação geomorfológica também de transição"*. Na Depressão Periférica ocorrem os totais pluviais mais reduzidos, entre 1.250 e 1.350 mm em média; na borda do Planalto Atlântico, ocorrem os totais pluviais mais elevados, entre 1.400 e 2.000 mm, sendo que na área estudada ocorrem precipitações entre 1.300 a 1.400 mm/ano.

GEOLOGIA

O Grupo São Roque é a unidade geológica do Pré-Cambriano de maior ocorrência na área estudada, e também muito pesquisada por diversos autores. A unidade limita-se a nordeste com as rochas do Complexo Itapira através da Falha de Itu, e a sudeste com as rochas do Maciço Granitóide Piedade, através da Falha de Taxaquara (Figura 1). A litologia desta unidade, corresponde a filitos, metassiltitos, metarritmitos, metarenitos, cálcio-xistos, metargilitos, metacalcários calcíticos e dolomíticos, metamargas e quartzitos. Apresenta estruturas geralmente com orientação ENE na parte sul, que se infletem para NW ao norte, nas proximidades da Falha de Itu.

As rochas cristalinas da porção nordeste da área estudada, ao norte da Falha de Itu, foram atribuídas ao Complexo Itapira por HACKSPACKER *et al.* (1988 *apud* IG/SMA 1991). São as rochas mais antigas da região, de idade proterozóica inferior, correspondendo a uma faixa estreita de gnaisses com restritas intercalações de quartzitos com direção NW.

As rochas do Complexo Itapira são intrudidas pelos granitóides pós-tectônicos ou anorogênicos dos maciços de Itu e Salto (PASCHOLATI *et al.* 1987 *apud* IG/SMA 1991), com idades referidas ao Proterozóico Superior.

Na porção sul da área estudada, ao sul da Falha de Taxaquara, ocorrem rochas do Grupo Açungüi (MARINI *et al.* 1967), de forma restrita. A unidade é constituída por xistos e gnaisses xistosos (IG/SMA 1990a) que ocorrem na forma de pequenas lentes dentro do Maciço de Piedade.

Os metassedimentos do Grupo São Roque, foram intrudidos por granitóides tardi a pós-tectônicos dos maciços Sorocaba e São Francisco (GODOY 1989), provavelmente no final do Proterozóico Superior.

O Maciço Sorocaba estende-se desde o sul e sudeste do Município de Itu, até a Cidade de Salto de Pirapora. De acordo com IG/SMA (1990c), a fácies dominante, biotita granito grosso porfirítico, possui matriz de granulação média a fina, constituída de quartzo, plagioclásio e biotita. A rocha é desprovida de foliação, com estrutura maciça e homogênea e a coloração é cinza médio.

O Maciço São Francisco, na área estudada, limita-se à porção sudeste do Município de Sorocaba. Corresponde a um granitóide leucocrático, rosa-salmão acinzentado, com textura fanerítica inequigranular grossa, sendo comum a ocorrência de termos porfiríticos (IG/SMA 1990c; FERNANDES DA SILVA 1997). Segundo estes autores, a foliação presente nas bordas do corpo é cortada por falhas rúpteis com direções N35-40E, e NS.

O granitóide referente ao Maciço Piedade aflora num amplo domínio situado no sudeste da área estudada, e corresponde a rochas leucocráticas, de coloração rósea a acinzentada, com textura porfirítica predominante, possuindo matriz e megacristais orientados. De acordo com STEIN (1984 *apud* FERNANDES DA SILVA 1997); e IG/SMA (1990c), o Maciço Piedade, corresponde a uma rocha formada por megacristais idiomórficos a subidiomórficos de microclina orientados ou não segundo a foliação da matriz mais fina, constituída por quartzo em agregados alongados, plagioclásio e biotita fina (dispersa ou intersticial). O contato do corpo com os micaxistos e gnaisses a oeste é brusco e discordante, sem evidências de falhamentos ou metamorfismo termal. A norte o corpo é limitado pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara, onde passa gradativamente a tipos protomiloníticos miloníticos (FERNANDES DA SILVA 1997).

A denominação Maciço Salto foi utilizada por PASCHOLATI *et al.* (1987) para

designar um anfíbólio granito porfirítico com matriz de granulação fina a média ou média a grossa, que na área de estudo intrude a rochas gnáissicas do Complexo Itapira no extremo nordeste do Município de Itu.

A denominação Maciço Itu de PASCHOLATI *et al.* 1987; GALEMBECK 1991; IG/SMA 1991; WERNICK *et al.* 1993, corresponde a um granito intrudido no Complexo Itapira, que de acordo com IPT (1981), corresponde a corpos granodioríticos a graníticos, isótopos, com granulação fina a grossa e coloração cinza clara a avermelhada.

Em relação ao Subgrupo Itararé de PETRI (1964), de acordo com mapeamentos geológicos realizados, por IG/SMA (1990ac, 1991); MASSOLI (1991); e FERNANDES DA SILVA (1997), na área estudada, predominam arenitos sobre as demais litologias. Estes são texturalmente imaturos, mal selecionados, com granulação predominantemente fina, podendo ser muito fina a grossa, com cores bege claro, rosadas, amareladas, esbranquiçadas e marrom avermelhados. Ocorrem em camadas submétricas a métricas, com intercalações de camadas decimétricas de lamitos, siltitos, ritmitos, argilitos e diamictitos.

A estrutura maciça é a mais comum podendo ocorrer também estratificações plano-paralelas, marcas onduladas simétricas e laminações cruzadas. Os sedimentos finos ou pelitos aflorantes na área de estudo, foram agrupados numa unidade única constituída basicamente por lamitos e ritmitos e, subordinadamente, por argilitos, siltitos e diamictitos.

HIDROGEOLOGIA

Na área estudada as águas subterrâneas circulam essencialmente através dos sistemas aquíferos Cristalino e Tubarão com porosidade dos tipos fissural e granular, respectivamente. Os corpos de diabásio são raros na área e foram atravessados em subsuperfície por apenas 10 poços (9 no Município de Sorocaba e 1 no Município de Itu).

Em aproximadamente dois terços da área predomina o Sistema Aquífero Tubarão e o restante, cerca de um terço, é ocupado pelo Sistema Aquífero Cristalino.

O Sistema Aquífero Cristalino é constituído essencialmente por metassedimentos, granitos, gnaisses e quartzitos do Embasamento Cristalino. É de extensão regional, fissurado, livre a semi-livre, heterogêneo, descontínuo e anisotrópico.

O Sistema Aquífero Tubarão compreende arenitos, siltitos, lamitos, ritmitos e diamictitos do Subgrupo Itararé. É de extensão regional, granular, localmente fissurado, livre a semi-livre, heterogêneo, descontínuo e anisotrópico, localmente contínuo e isotrópico, como já mencionado em LOPES (1984).

Os "Estudos de Água Subterrânea", executados na Região Administrativa de Sorocaba (DAEE, 1982) permitiram estabelecer para o Sistema Aquífero Cristalino, capacidade específica de 0,018 a 0,50 m³/h/m (para 70% dos poços analisados), com mediana de 0,1 m³/h/m. Para o Sistema Aquífero Tubarão (DAEE *op. cit.*) foram determinados valores de capacidade específica de 0,02 a 0,50 m³/h/m (para 70% dos poços analisados), com mediana de 0,1 m³/h/m. Foram determinados também por DAEE (*op. cit.*), valores indicativos para o coeficiente de transmissividade (T) de 0,3 a 196 m²/dia para o Sistema Aquífero Cristalino; e de 1 a 10 m²/dia para o Sistema Aquífero Tubarão (com existência de locais com valores bem superiores, da ordem de 150 m²/dia).

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E CLASSIFICAÇÃO DOS POÇOS

De um total de 576 poços cadastrados na área estudada, 489 deles puderam ser classificados quanto ao sistema aquífero explotado (Tabela 1 e Figura 2). Nesta classificação, foram contabilizados 195 poços no Sistema Aquífero Tubarão, 168 no Sistema Aquífero Cristalino e 126 poços mistos que explotavam água dos dois sistemas aquíferos principais, incluindo-se também neste último grupo, um pequeno número de poços que atravessaram o Sistema Aquífero Diabásio em subsuperfície.

Ainda na Figura 2, a largura da faixa de Poços Mistos* é muito irregular, reflexo da inclinação irregular da superfície do topo do Embasamento Cristalino, isto é, em Itu, a largura da faixa de Poços Mistos é menor, devido à maior inclinação deste topo, e em Sorocaba, Salto de Pirapora e Araçoiaba da Serra, esta faixa é maior, resposta da menor inclinação do topo do embasamento.

A Tabela 1 quantifica a classificação dos poços por sistema aquífero (Cristalino, Tubarão e Poços Mistos) e por municípios (Sorocaba, Itu, Araçoiaba da Serra* e Salto de Pirapora*)

Na análise da profundidade dos poços (Tabela 2), observou-se um mesmo padrão de distribuição de profundidades médias para as várias localidades, apesar desses poços terem sido construídos em épocas diferentes (ao longo das décadas de 50, 60, 70 e 80), em maior número a partir do início da década de 70, por várias empresas de perfuração e para os mais diferentes tipos de usuários das águas subterrâneas.

As profundidades médias dos poços, obtidas para o Sistema Aquífero Cristalino foi de 117 m (para 150 poços), para o Sistema Aquífero Tubarão 136 m (para 164 poços) e Poços Mistos 145 m (para 107 poços). Nesta análise, constatou-se que as profundidades médias dos poços são muito semelhante para todos os municípios, variando de 125 a 134 m (Tabela 2).

GEOMETRIA DOS SISTEMAS AQUÍFEROS

Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino

O contato geológico entre as rochas do Embasamento Cristalino e os sedimentos do Subgrupo Itararé, na superfície do terreno, se dá aproximadamente, na altitude de 600 m. Este contato passa próximo às cidades de Salto de Pirapora, Sorocaba e Itu (Figura 1).

A oeste desta "linha", em subsuperfície, o contato entre estes dois conjuntos litológicos descreve um plano irregular (contorno estrutural do topo do Embasamento Cristalino), mergulhando para oeste-noroeste (Figura 3). Este mergulho é mais acentuado na porção oeste da cidade de Itu, descendo das altitudes de 550 para 250 m, em cerca de 4.000 m na horizontal ou aproximadamente 7,5% (75 m/km).

Este mergulho é atípico e difere bastante do mergulho regional das camadas da Bacia do Paraná, avaliado por ALMEIDA (1964, pg. 171) que obteve de "25 a 15 m/km nos sedimentos carboníferos a cerca de 3 m/km ao nível dos derrames

* poços que explotam dois ou mais sistemas aquíferos;

• em 75% do município;

* em praticamente 100% do município.

basálticos”.

Tabela 1. Quantificação numérica de poços por municípios e por sistemas aquíferos

| Sistema Aquífero | Número de Poços por Município | | | | | Nº de Poços por Aquífero |
|----------------------|-------------------------------|-------------------|----------|-----|--------|--------------------------|
| | Araçoiaba da Serra * | Salto de Pirapora | Sorocaba | Itu | Outros | |
| Cristalino | 10 | 23 | 61 | 64 | 10 | 168 |
| Tubarão/Cristal | 26 | 16 | 40 | 26 | 8 | 116 |
| Tubarão | 26 | 8 | 20 | 136 | 5 | 195 |
| Tubar./Diab. | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| Diab./Crist. | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Tubar./Diab./Crist. | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| Sem inform. | 2 | 22 | 26 | 25 | 12 | 87 |
| Totais por Município | 64 | 69 | 156 | 252 | 35 | 576 |

Obs: (*) dados correspondentes a 75% da porção territorial do Município de Araçoiaba da Serra.

Tabela 2. Profundidade média dos poços por município e por sistema aquífero

| Sistema Aquífero | Profundidade Média por Município (m) | | | | | Profund. Média por Aquífero (m) |
|------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------|
| | Araçoiaba da Serra * | Salto de Pirapora | Sorocaba | Itu | Outros | |
| Cristalino | 128 (9) | 120 (5) | 116 (60) | 119 (50) | 121 (9) | 117 (150) |
| Tubarão/Cristalino | 145 (20) | 158 (16) | 145 (40) | 136 (24) | 143 (7) | 145 (107) |
| Tubarão | 125 (23) | 90 (8) | 146 (20) | 139 (108) | 158 (5) | 136 (164) |
| Tubarão/Diabásio | --- | --- | 128 (2) | 100 (1) | --- | 119 (3) |
| Diabásio/Crist. | --- | --- | 250 (1) | --- | --- | 250 (1) |
| Tub./Diab./Crist. | --- | --- | 144 (6) | --- | --- | 144 (6) |
| Sem Informação | --- | 115 (17) | 121 (18) | 141 (19) | 107 (8) | 124 (62) |
| Profund. Média por município | 133 (52) | 125 (63) | 131 (147) | 134 (202) | 129 (29) | 131 (493) |

Obs.:

() número de poços utilizados para o cálculo da profundidade média;

(*) dados correspondentes a 75% da porção territorial do Município de Araçoiaba da Serra.

Na porção sul, da Folha de Salto de Pirapora, o mergulho é menos acentuado e a parte mais rebaixada atinge a altitude de 400 m, cerca de 100 a 150 m mais alto que a noroeste de Itu (Figura 3).

Entre estas duas partes mais baixas, existe uma porção mais elevada do Embasamento Cristalino situada no norte da Folha de Salto de Pirapora, que pode estar associada à presença da estrutura dômica de Araçoiaba da Serra, que ocorre ao norte da Folha de Salto de Pirapora, fora da área estudada.

Espessura do Sistema Aquífero Tubarão - Subgrupo Itararé

O Sistema Aquífero Tubarão na área estudada, constitui uma cunha irregular de rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, disposta sobre o Embasamento Cristalino, com o seu lado mais espesso voltado para a parte ocidental. A porção mais espessa da cunha (do pacote sedimentar), situa-se a oeste da cidade de Itu e noroeste de Sorocaba (Figura 4), onde as espessuras aumentam rapidamente de 0 a 300 m, de leste para oeste.

Na área correspondente à Folha de Salto de Pirapora, as espessuras são menores, em geral de 100 a 150 m, com pequenas porções onde as espessuras ultrapassam 200 m. Nos arredores de Araçoiaba da Serra, a espessura do Sistema Aquífero Tubarão é da ordem de 50 m.

Perfis Geológicos (orientados na direção EW)

Com o objetivo de fornecer uma visão tridimensional dos sistemas aquíferos foram construídos seis perfis geológicos orientados na direção leste-oeste, igualmente distanciados de 10 km entre si (Figura 5). No sul da área, o contato entre as rochas sedimentares e as do Embasamento Cristalino, possui uma inclinação suave e retilínea (Figura 5, perfil K-L), elevando-se bastante em Sorocaba (perfil G-H), para depois aprofundar-se novamente no norte (perfil A-B). Portanto, a conformação do Topo do Embasamento Cristalino é muito irregular, apresentando variações regionais e variações mais localizadas, observadas entre um poço e outro, que colocam rochas sedimentares justapostas às rochas cristalinas no Município de Sorocaba (Figura 5 perfil E-F). As espessuras de sedimento observadas através destes perfis são em geral maiores no norte da área, no Município de Itu.

PRODUTIVIDADE DOS POÇOS TUBULARES

Após uma análise geral da capacidade específica (Q/s) dos poços, foram obtidos os seguintes valores médios: 0,44 m³/h/m para o Sistema Aquífero Cristalino (91 poços); 0,30 m³/h/m para os Poços Mistos (79 poços); e 0,14 m³/h/m para o Sistema Aquífero Tubarão (84 poços), cujos valores podem ser observados na Tabela 3.

O Sistema Aquífero Cristalino, foi o que apresentou a melhor produtividade média global, também apresentando a maior diferenciação de produtividade média ao longo da superfície (na lateral), pois, no Município de Sorocaba, a produtividade do referido Sistema Aquífero é muito alta (Q/s* média de 0,53 m³/h/m) em relação ao Município de Araçoiaba da Serra (Q/s média de 0,07 m³/h/m), onde ela é baixa.

* capacidade específica (m³/h/m).

Os poços que exploram o Sistema Aquífero Tubarão (aquífero do tipo granular), apresentaram uma diferenciação menor, isto é, uma produtividade mais homogênea ao longo de toda a área estudada (variando entre 0,08 e 0,18 m³/h/m). Os poços que exploram ambos os sistemas aquíferos apresentaram uma diferenciação média e intermediária.

Tabela 3. Capacidade específica média dos poços por município e por sistema aquífero.

| Sistema Aquífero | Q/s média por Municípios (m ³ /h/m) | | | | | Q/s Média (m ³ /h/m) por Aquífero |
|-------------------------|--|------------------------|---------------|--------------|---------------|--|
| | Salto de Pirapora (*) | Araçoiaba da Serra (*) | Sorocaba | Itu | Outros Munic. | |
| Cristalino | 0,44 (10) | 0,07 (4) | 0,53 (52) | 0,37 (18) | 0,10 (7) | 0,44 (91) |
| Tubar./Crist. | 0,22 (10) | 0,18 (8) | 0,41 (40) | 0,18 (17) | 0,18 (4) | 0,30 (79) |
| Tubarão | 0,18 (6) | 0,08 (11) | 0,18 (20) | 0,14 (43) | 0,11 (4) | 0,14 (84) |
| Tubar./Diab. | --- (0) | --- (0) | 0,50 (2) | 0,01 (1) | --- (0) | 0,34 (3) |
| Diab./Cris. | --- (0) | --- (0) | 0,32 (1) | --- (0) | --- (0) | 0,32 (1) |
| Tub/Diab/Cris. | --- (0) | --- (0) | 0,49 (6) | --- (0) | --- (0) | 0,49 (6) |
| Sem inform. de Aquífero | 0 (5) | --- (0) | 0,07 (4) | 0,09 (5) | 0,13 (2) | 0,06 (16) |
| Q/s Média Por Município | 0,25 (31) | 0,11 (23) | 0,42 (125) | 0,19 (84) | 0,13 (17) | 0,29 (280) |

Obs.:

() número de poços envolvidos no cálculo da capacidade específica;

(*) na área do município abrangida por este estudo (75%).

Os valores de capacidade específica aqui obtidos, concordam com valores regionais obtidos pelo DAEE (1982), na Região Administrativa de Sorocaba.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um total de 576 poços cadastrados na área estudada, 168 foram construídos no Sistema Aquífero Cristalino, 195 no Sistema Aquífero Tubarão, e 116 poços exploravam água de ambos os aquíferos (Poços Mistos). Para esses grupos de poços, foram obtidas as seguintes profundidades médias: 117, 136 e 145 metros, respectivamente.

Para o Sistema Aquífero Tubarão foram encontradas as seguintes espessuras: cerca de 300 m (máxima) a oeste de Itu e noroeste de Sorocaba; 100 a 150 m na Folha de Salto de Pirapora e em geral na porção sul do Município de Sorocaba; e cerca de 50 m em Araçoiaba da Serra, provavelmente por influência da estrutura dômica de Araçoiaba da Serra.

Na porção noroeste da cidade de Itu, foi observado através do Mapa de Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino, que o contato Itararé/Cristalino mergulha fortemente no rumo oeste-noroeste, descendo aproximadamente 75 m/km (7,5%), apresentando gradientes menores no restante da

área.

Para a capacidade específica de toda a área estudada, foi determinado um valor médio de $0,29 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, para 280 poços providos deste parâmetro. Para a vazão, 457 poços contribuíram para se determinar uma vazão média geral de $7,91 \text{ m}^3/\text{h}$. Para a profundidade, nível estático e nível dinâmico foram obtidos os seguintes valores médios: 141,38 m, 15,63 m e 79,33 m, respectivamente.

Para a capacidade específica, 91 poços abertos no Sistema Aquífero Cristalino forneceram um valor médio de $0,44 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$; para 84 poços construídos no Sistema Aquífero Tubarão obteve-se um valor de $0,14 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$; e para aqueles que exploram água dos dois sistemas aquíferos (79 Poços Mistos), chegou-se a um valor médio de $0,30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

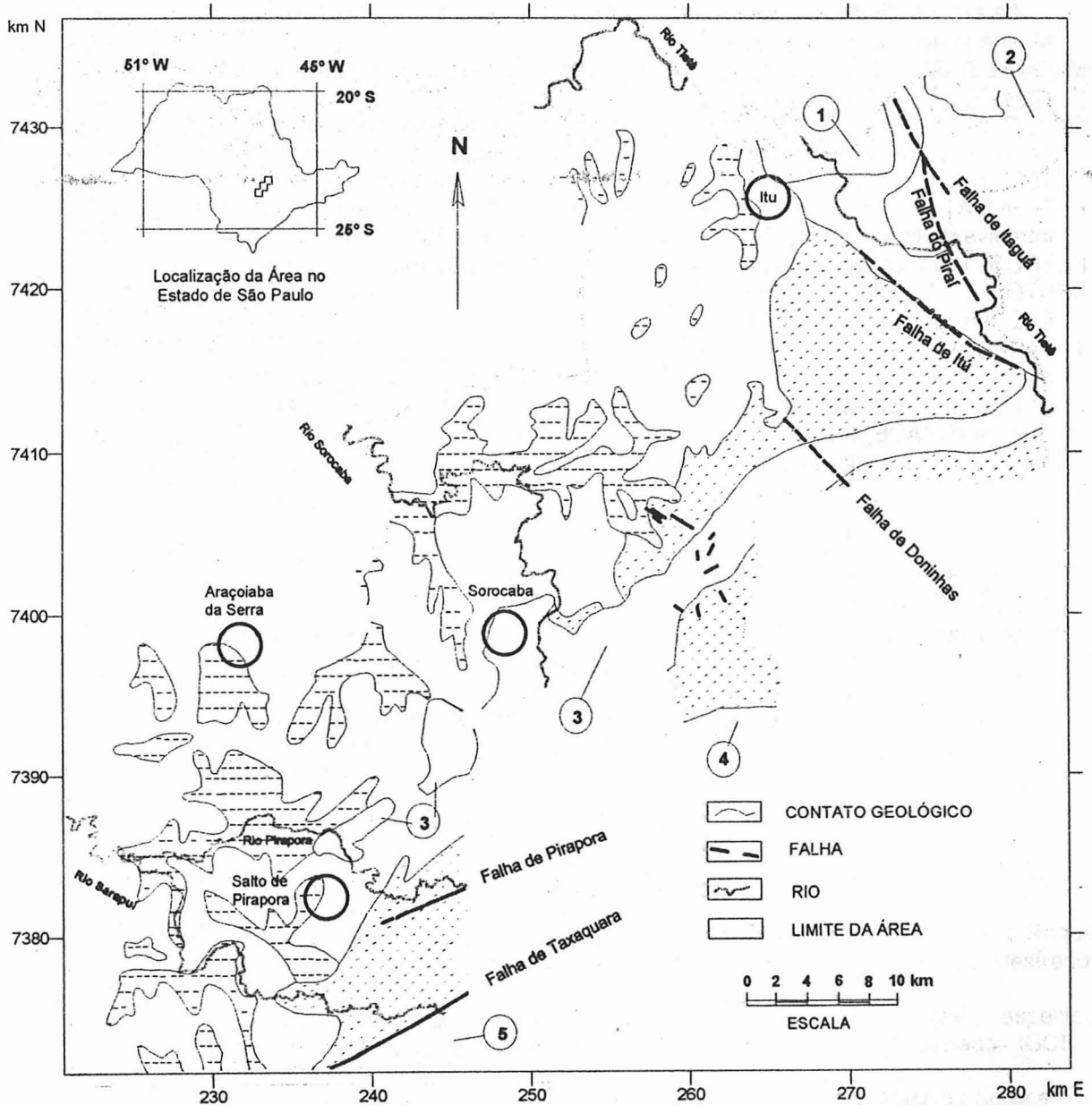
Com a análise conjunta dos dados de produtividade dos poços tubulares profundos e dos mapas de Isoespessura do Sistema Aquífero Tubarão, Contorno Estrutural do Topo do Embasamento Cristalino, e dos perfis geológicos de direção leste-oeste, é possível auxiliar ou solucionar problemas relacionados com o meio físico-geológico. Dentre estes, citam-se, por exemplo, os problemas de seleção de áreas para disposição de resíduos, implantação de áreas industriais, problemas de contaminação de aquíferos, delimitação de áreas de proteção, locação de poços etc.

A capacidade específica média dos poços do Sistema Aquífero Cristalino, mostrou-se cerca de três vezes superior à capacidade específica média dos poços do Sistema Aquífero Tubarão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.de 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol. Inst. Geogr. Geol., São Paulo, 41:169-263.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) 1982. Estudo de águas subterrâneas. Região Administrativa 4. Sorocaba, São Paulo. DAEE. 2v.
- FERNANDES DA SILVA, P.C. 1997. Ambientes de Sedimentação e Tectônica do Grupo São Roque na Região entre Pilar do Sul e Votorantim, SP. São Paulo, 127p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).
- GALEMBECK, T.M.B. 1991. A intrusão Cabreúva do Complexo Granitóide Itu (SP): aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos. Rio Claro, 195p. (Dissertação de Mestrado, IGCE - UNESP).
- GODOY, A.M. 1989. *Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP*. São Paulo, 220p. (Tese de Doutorado, IG-USP).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. SICCT-PROMINÉRIO/IPT. São Paulo. IPT. 2 v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990a. Mapeamento geológico da Folha de Salto de Pirapora (SP), escala 1:50.000. São Paulo. v.1, 76p. IG/SMA. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990b. Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos: ocorrência e exploração. Folha de Salto de Pirapora SP. Escala 1:50.000. São Paulo. IG/SMA, 96p. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1990c. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Sorocaba (SP). São Paulo. IG/SMA. 2v. (Relatório Técnico).
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA). 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). São Paulo. IG/SMA, 3v. (Relatório Técnico).
- LOPES, M. F. C. 1984. Água Subterrânea no Estado de São Paulo - Síntese das Condições de Ocorrência. In: Congr. Bras. de Água Subterrânea, 3º, Fortaleza, 1984, Anais...ABAS. Fortaleza, v2, pp.305-317.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. 1967. O Grupo Açungüi no Estado do Paraná. Bol. Paran. Geoc. Curitiba, (23/25) p.43-103.
- MASSOLI, M. 1991. *Relação entre o Embasamento Cristalino e os Sedimentos Basais do Subgrupo*

- Itararé na Região de Sorocaba - Salto de Pirapora, SP.* São Paulo, 94p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- MODENESI, M.C. 1974. Níveis de erosão em formações superficiais na região de Itu-Salto. *Rev. Bras. Geoc.* São Paulo, 4(4):228-236.
- ODA, G. H. 1989. Contribuição à Hidrogeologia da Região entre Salto de Pirapora e Itu (SP): Análise da Produtividade, Ocorrência e Circulação das Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Tubarão e Cristalino. São Paulo, 100p. (Dissertação de Mestrado, IG-USP).
- PASCHOLATI, E.M.; VLACH, S.R.F. & AMARAL, G. 1987. Contribuição ao conhecimento da suite intrusiva de Itu. In: *Simp. Reg. Geol. 6, Rio Claro, 1987. Atas...* Rio Claro, SBG, v.1, p.47-62.
- PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão. *Bol. Inst. Geogr. Geol.*, São Paulo, 41:56-63.
- SANTOS, E. A. 1952. A geomorfologia da região de Sorocaba e alguns dos seus problemas. *Bol. Paul. Geogr.*, São Paulo, 12:3-29.
- TAVARES, R. 1997. *O Clima Local de Sorocaba (SP): tendências e análise comparativa Cidade-campo.* São Paulo, 205p. (Dissertação de Mestrado, Dpto de Geografia, FFLCH USP).
- WERNICK, E.; HÖRMANN, P.K.; ARTUR, A.C.; FERREIRA, C.J.; GALEMBECK, T.M.B.; GODOY, A.M.; ANDRADE, F.R.D. 1993. Fases, impulsos e ciclos magmáticos com complexos granitóides associados com falhas transcorrentes, SP. *Rev Bras. Geoc.*, 23(3):248-259.



Fontes: IG/SMA, 1990a, c; 1991;
 MASSOLI, 1991;
 FERNANDES DA SILVA, 1997.

Área Estudada = 1.770 km²

SUBGRUPO ITARARÉ

- Arenitos
- Lamitos, ritmitos, siltitos, argilitos, etc

EMBASAMENTO CRISTALINO

- Maciços granitóides
- 1. Itu; 2. Salto; 3. Sorocaba;
- 4. São Francisco; 5. Piedade

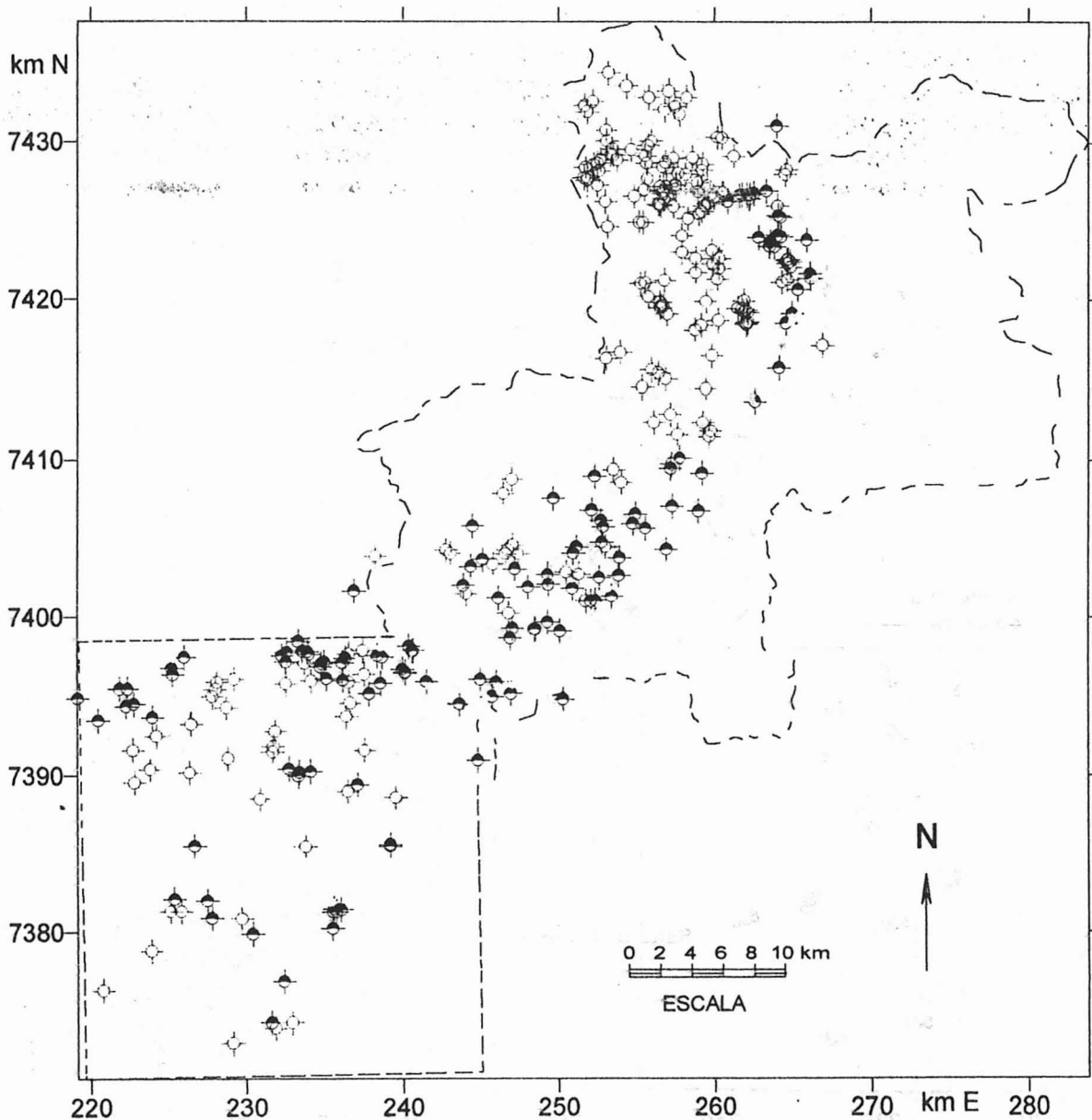
GRUPO SÃO ROQUE


- Metassedimentos
- Metarenitos, metarritmitos, metasiltitos, metargilitos etc.

COMPLEXO ITAPIRA

- Gnáisses, e subordinadamente quartzitos, etc.

Figura 1. Mapa geológico simplificado




Sistema Aquífero Tubarão
 (195 poços)


Poços Mistos
 (126 poços)


Sistema Aquífero Cristalino
 (168 poços)

Tubarão + Cristalino = 116 poços
 Tubarão + Diabásio = 3 poços
 Tub. + Diab. + Crist. = 6 poços
 Cristalino + Diabásio = 1 poço

Total de poços representados=(Total Geral=576) - (Sem classificação=87)= 489 poços

Figura 2. Mapa de distribuição de poços classificados por sistemas aquíferos

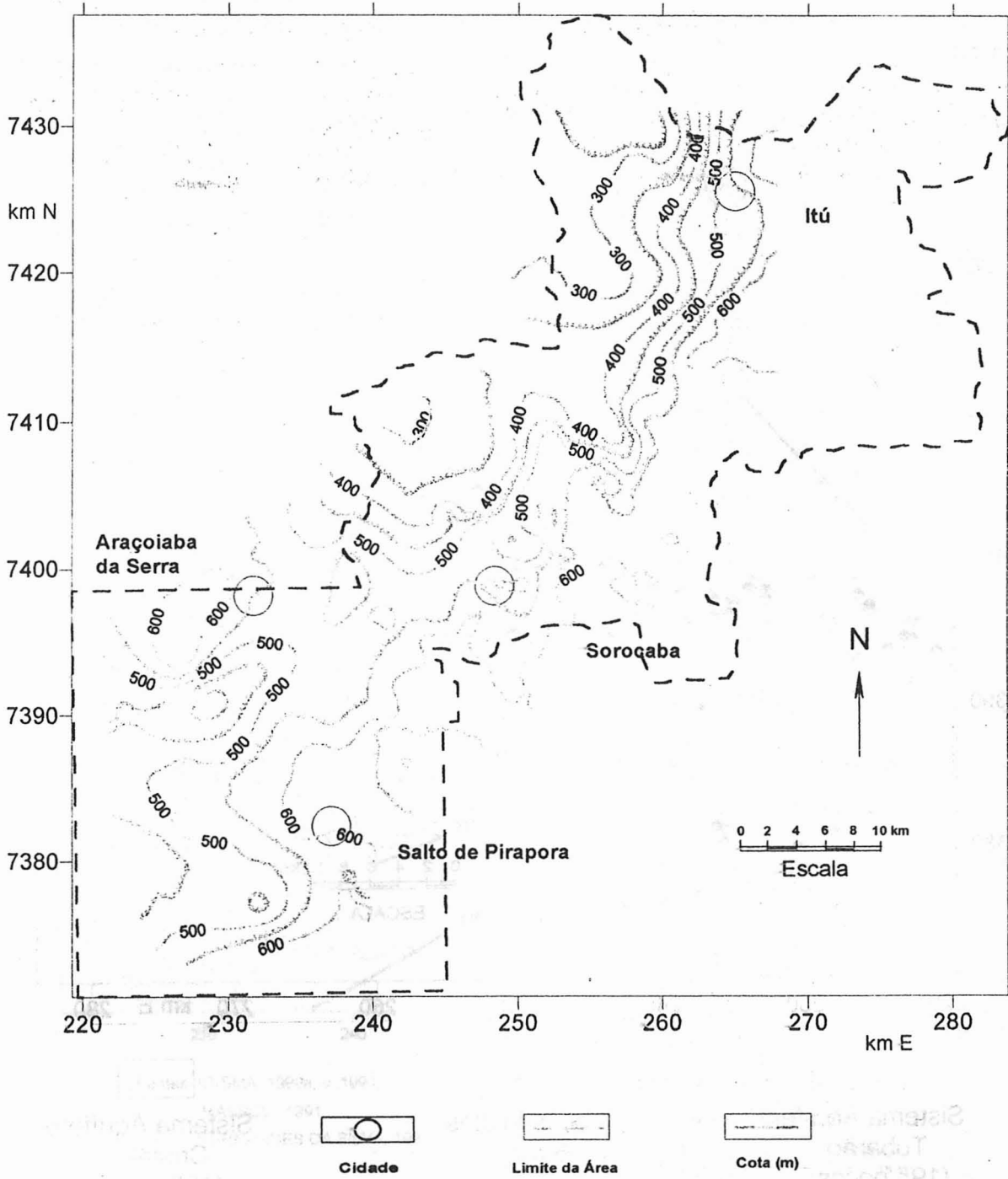


Figura 3. Mapa do contorno estrutural do topo do embasamento cristalino

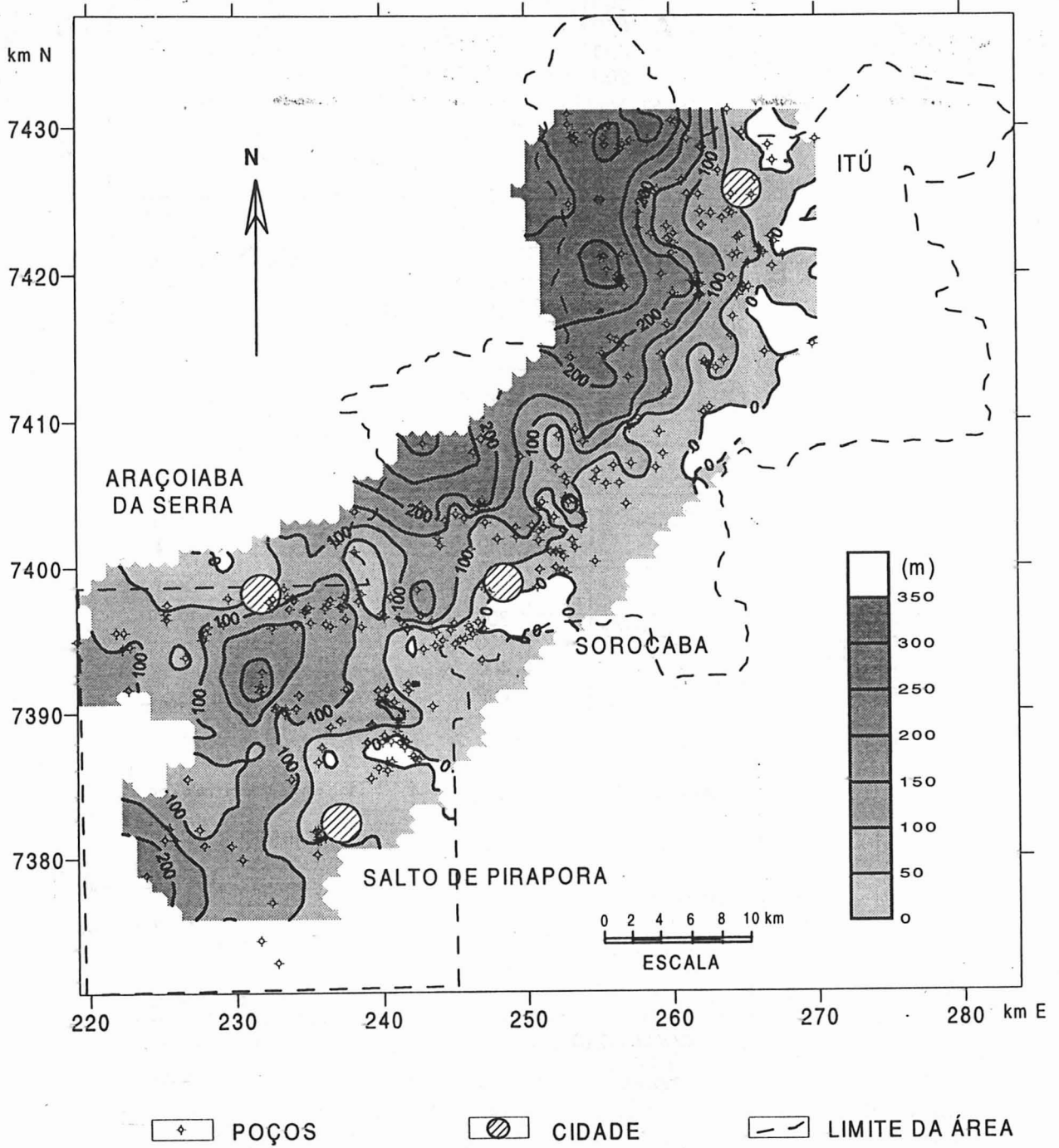
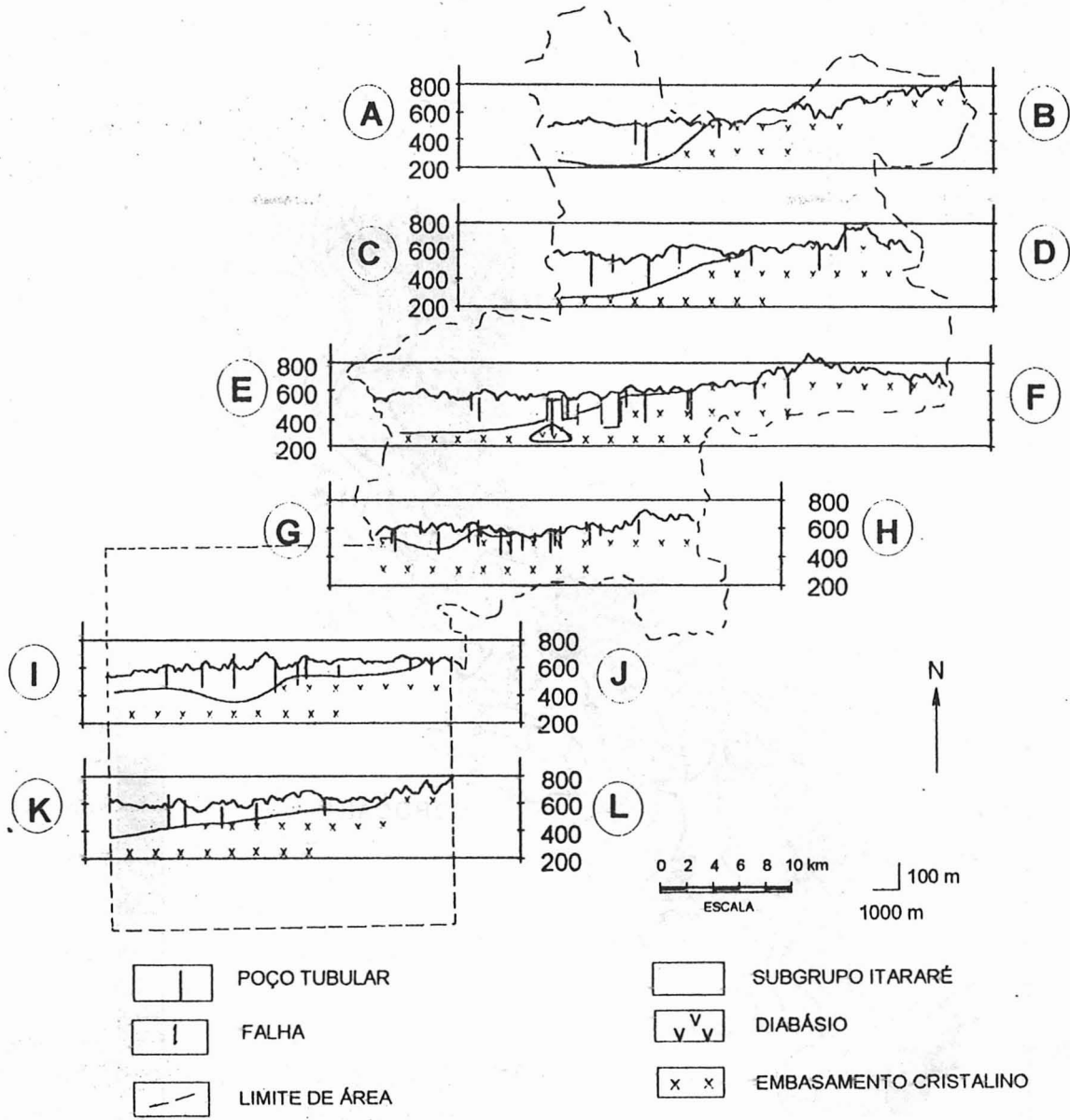
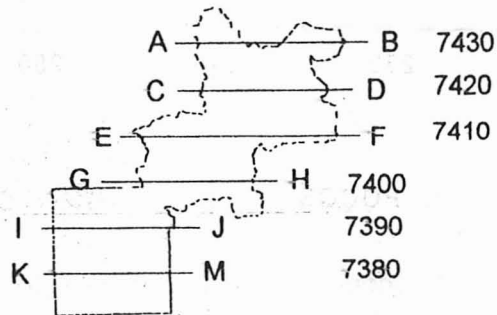


Figura 4. Mapa de isoespesura do Sistema Aqüífero Tubarão - Subgrupo Itararé



LOCALIZAÇÃO
DOS
PERFIS



Obs.: A cota 600 m é eixo de rotação para o rebatimento dos perfis

Figura 5. Perfis geológicos (orientação E-W)