

Potencial aquífero dos basaltos da Formação Serra Geral no Estado de São Paulo

GEOL. CARLOS EDUARDO QUAGLIA GIAMPÁ

GEOL. JOÃO CARLOS DE SOUZA

SABESP – CIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

ABSTRACT

This work shows some statistics datums about the Serra Geral Formation.

The compilation of the datums comes from sixty-five wells, and their basic characteristic is the basalt exploration in the State of S. Paulo.

In the majority of then, there was a tecnic accompaniment of capable professionals and geologistc of DAEE and SABESP/SAT/DPI.

It's worth noting the economy of these kinds of wells, with satisfactory rates of flow in relation to the cost of the investment to the generation of m³/h. It appears as the best solution to the supply of the communities.

Of the geologic criterious are followed, the results obtained will be satisfactory.

INTRODUÇÃO

A elaboração deste estudo sobre a Formação Serra Geral tem o intuito de, interando alguns dados de ordem prática, parcilmente estatísticos, avaliar a potencialidade deste importante aquífero para abastecimento d'água nas diferentes modalidades (irrigação, consumo doméstico, consumo industrial, etc.), com ênfase para abastecimento público.

Temos também a pretensão de, ao longo do tempo, com incremento do abastecimento de Comunidades de

Pequeno e Médio Porte através do manancial subterrâneo, atualizar, acrescentar e revisar o presente trabalho, visto possuímos uma perspectiva de solucionar muitos problemas pendentcs na atualidade, através de poços tubulares profundos nesta Formação Geológica.

Através da observação do mapa de localização dos Poços Tubulares, no Estado de São Paulo (em anexo), constata-se áreas sem poços plotados, aspecto decorrente de não dispormos de dados confiáveis de perfuração.

Constatamos que a grande maioria dos poços que captam água deste aquífero fissurado, ocorrem em áreas com capeamentos insuficientes da Formação Baurú, cuja contribuição é pouca ou quase nenhuma na maioria dos locais perfurados. Porém a ocorrência de estruturas preferenciais armazenadoras de água subterrânea, faz com que a Formação Serra Geral viabilize a exploração deste manancial, através de poços tubulares.

GEOLOGIA

Os derrames basálticos da Bacia Sedimentar do Paraná são constituídos por rochas ígneas efusivas do Grupo São Bento. O Grupo São Bento de idade Jurássico-Cretácea, divide-se em dois pacotes distintos:

Formação Botucatú/Pirambóia mais

antiga, de natureza Flúvio-eólica, e Formação Serra Geral com basaltos toleíticos, no caso a Formação de interesse.

Do neo-Trássico ao neo-Cretáceo o Continente Sul-americano foi sujeito a intenso fraturamento em área de grande extensão; imensa quantidade de magma do sima extravasou através destas geoclases produzindo uma série de derrames ou "trapps" sem paralelo na História Geológica.

Dentro do Estado de São Paulo a Formação Serra Geral aflora em 32.115 Km² correspondendo a 13% da área total do Estado.

A espessura dos derrames fornecidos através de sondagens de vários tipos (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – IPT – Seção de Geologia Aplicada/Petrobrás/Empresas de Perfuração de Poços), permitem-nos estabelecer a ordem do 2/3 m até 95/98 m para cada derrame.

A espessura total da Formação varia desde poucos metros nas bordas aflorantes até mais de 1500 m em áreas de centro da Bacia Sedimentar do Paraná; o número mais elevado de derrames conhecido no Estado é no poço de Presidente Prudente (CPRM), num total de 33 perfazendo 1220 m; em São José do Rio Preto cadastraram-se 31 derrames e o mais espesso deu-se no poço de Presidente Epitácio (Petrobrás) que apresentou

32 derrames com um total de 1530 m.

Ocorrem também arenitos interderrames de maneira generalizada, com espessuras variáveis (2 a 40 m) com gênese ainda em discussão; segundo alguns autores seriam injetados (diques de arenitos), segundo outros seriam depósitos de idade contemporânea aos derrames; são normalmente recozidos e bem litificados. Inúmeros são também os diques e sills de diabásio referíveis ao mesmo ciclo magmático de vulcanismo, endossados através de datação absoluta.

TECTÔNICA

A Bacia Sedimentar do Paraná comportou-se estruturalmente como uma sinéclise intracratônica simétrica, onde não se tem notícias de atuação de esforços compressivos de vulto.

A Noroeste e Nordeste do Estado temos falhas com direção noroeste e norte-sul, anteriores ao Cretáceo; a partir do Jurássico Superior tem-se a fase tectônica mais intensa que afetou esta região e vizinhanças (MS e PR), representada por um tectonismo do tipo tensional que originou fraturamentos e falhamentos normais, arqueamentos regionais e o aparecimento de estruturas dômicas. Nesta porção do Estado as fraturas e sistemas de juntas estão intimamente relacionadas à evolução do Arco de Ponta Grossa, como por exemplo a falha da Serra da Fartura.

Por outro lado, a Nordeste do Estado, a região de São Simão e Serrana é afetada por vários falhamentos com direções preferenciais Norte e Noroeste, a maior parte delas constituindo o contato Botucatu/Serra Geral.

ESTRUTURAS

Foram cadastradas uma série de estruturas (fig. 1), os quais nomearemos a seguir:

- a) Contatos interderrames:
São fendas de abertura centimétrica, com grande extensão lateral, podendo conter ou não material de preenchimento.
- b) Zona de basalto vesicular:
Zona característica do topo de derrame, com fraturas irregulares, de elevada porosidade vacuolar (porosidade efetiva baixa).
- c) Zona com basalto compacto:
É constituída pelo núcleo do derrame. Está normalmente diaclasado apresentando colunamento hexagonal, quadrangular e trigonal; geralmente se comportam como impermeáveis devido ao preenchimento

calcítico, argiloso, ou por outros materiais rígidos. A alternância textural produz acamamentos plano-paralelos, o que permite identificar com relativa facilidade os vários derrames.

d) Zona de base do derrame:

Pode ser vesicular ou não, com fraturas paralelas ao contato, podendo adquirir aspectos de verdadeira laminação.

Os ítems a, b, c e d acima mencionados são estruturas básicas que ocorrem em todos os locais e são comuns e peculiares a toda a Formação.

Temos também estruturas secundárias, nem sempre ocorrentes, tais como:

e) Faixas fraturadas:

Ocorrem com grande extensão lateral (dezenas a centenas de metros) com direção sub-horizontal. O fraturamento no interior das faixas destaca blocos de forma tabular, muitas vezes terminando em cunha ou imbricados; em geral estes blocos apresentam faces alteradas ou oxidadas ou pelúcidas argilosas. Podem se associar e constituir verdadeiras juntas-falhas; representam, no corpo do derrame, zona de percolação preferencial.

f) Juntas – falhas:

São estruturas de grande importância para percolação de água, representadas por descontinuidades horizontais; estendem-se por várias centenas de metros e variam desde uma fenda até faixas extremamente fraturadas com espessuras de 1 a 2 m como no caso do canal de São Simão.

g) Sedimentos intertrapianos – diques de arenitos:

Existem separações locais entre os derrames representados por camadas lenticulares de arenitos eólico, às vezes com estratificação cruzada com espessura de 2 a 40 metros, em especial na porção Norte da Bacia; mineralogicamente são constituídos quase que exclusivamente por grãos arredondados de quartzo, exibindo granulometria predominante de areia fina variando de silte até argila secundariamente.

Devido ao recozimento, perda de estruturas e cimentação teríamos dificuldades em detectar os diques de arenitos (feição de base dos derrames ou presente em fraturas) e os arenitos intertrápícos propriamente ditos.

h) Túneis/Tubos – Trincas/Cunhas – Tufos vulcânicos – Derrames secundários – Lava aglomerática:

São estruturas de pouca importância para o armazenamento de água subterrânea, com ocorrência restritas e locais.

MINERALOGIA

Os principais constituintes dos basaltos são os plagioclásios (labradorita) e piroxênios (augita e pigeonita); os acessórios mais comuns são a titanomagnetita e apatita. Ocasionalmente olivina, anfíbólio e biotita. Quartzo, feldspato potássico, cloritas e serpentina são constituintes normais da matriz, assim como vidro de composição variada.

Temos também descrita a calcita e zeólitas como minerais secundários comuns, bem como raras vezes a fluorita, esta última importante como fator influente em relação à qualidade físico-química da água subterrânea contida nos basaltos.

A composição química média das rochas basálticas e seu conteúdo de elementos-traços identifica-as como lavas toleíticas. Vale ainda citar como caso interessante que, em alguns locais do Estado do Rio Grande do Sul, após confecção de laminas petrográficas verificou-se ser riólito escuro o que até então considerava-se como basalto; em Monte Alto-SP, dá-se um caso semelhante, objeto de estudo por parte de colegas da Universidade de São Paulo – USP.

Acreditamos pois, que novos estudos e contribuições da Classe pesquisadora, deverão acrescentar maior conhecimento mineralógico sobre extensa e importante Formação.

CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos disponíveis está condicionada ao conhecimento das características hidrodinâmicas dos aquíferos; portanto os parâmetros mensuráveis estão intimamente associados à descontinuidade e anisotropia do meio, que apresenta em geral permeabilidade por porosidade de fissuras em zonas restritas e localizadas. Dado ao fato que o aquífero é livre, fortemente anisotrópico e com porosidade regulada por fissuras descontínuas, suas características hidrogeológicas resultantes são muito variáveis; os valores mais elevados de permeabilidade (m/dia) e transmissividade aparente (m²/dia) estão associados à juntas, fraturas, falhas e em alguns casos à arenitos interderrames.

No cadastro do presente estudo, obtivemos valores excepcionais de vazão específica, os quais estão intrinsecamente ligados a locais onde mapeara-se falhamentos que foram realmente comprovados por ocasião da perfuração dos poços, como por exemplo:

Maracaí – P.1 = 22,72 m³/h/m;
 Tupã – Distrito Arco Íris –
 P.2 = 53,33 m³/h/m;
 Gastão Vidigal – P.5 = 20,00 m³/h/m;
 São Manoel – Distrito Pratânia =
 = 62,00 m³/h/m.

Os demais valores, variando de 0,08 a 7,69 m³/h/m, refletem desde falhas e fraturas inferidas a alinhamentos secundários e mesmo ausência total de condições geológicas, evidenciando a importância do projeto e locação.

HIDROQUÍMICA

As águas subterrâneas provenientes dos basaltos, de acordo com os gráficos de Berkaloff e Piper (Mistretta – 1977), são classificadas basicamente em 3 famílias:

- Bicarbonatadas cálcicas – secundariamente magnesianas;
- Bicarbonatadas sódicas;
- Sulfatadas cálcicas ou sódicas.

Todas as famílias apresentam o padrão de potabilidade de acordo com as normas usuais ditadas pela Organização Mundial de Saúde. No Estado de São Paulo predominam as águas bicarbonatadas cálcicas.

Constatamos algumas anomalias hidroquímicas bastantes localizadas, evidentes nos seguintes poços:

- Areava – Distrito Marilândia –
 P.1 = excesso Sulfato;
 Santa Albertina – P.3 = excesso fluoreto;
 Santa Albertina – P.4 = excesso fluoreto;
 Gastão Vidigal – P.5 = excesso Sulfato e Fluoreto;
 Riolândia – p.1 e P.2 = excesso Fluoreto;
 Colombia – P.4 = excesso Fluoreto;
 Icém – P.2 = excesso Fluoreto;
 Mira Estrela – P.1 e P.2 = excesso Fluoreto.

No entanto, os poços perfurados próximos aos já existentes e mencionados acima denotaram padrão de potabilidade normal, levando-nos a concluir que tais anomalias são locais e normalmente associadas à proximidades da calha da drenagem – caso típico do eixo Mira Estrela/Icém/Riolândia/Colombia, na calha do Rio Grande.

Atualmente a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), pesquisa aparelhagem para coleta de amostragem puntual da água subterrânea; tal fato prende-se a teoria atualmente aceita de que o teor excessivo de fluoreto provem de fluorita, mineral secundário presente nas amígdalas do basalto.

Constatamos em vários casos, a existência de teores elevados de ferro, cor e turbidez ao final da perfuração; entretanto, após o desenvolvimento através do simples bombeamento, todos os casos apresentam teores normais o que nos leva a concluir sobre a ausência de ferro em padrões superiores ao permitido na

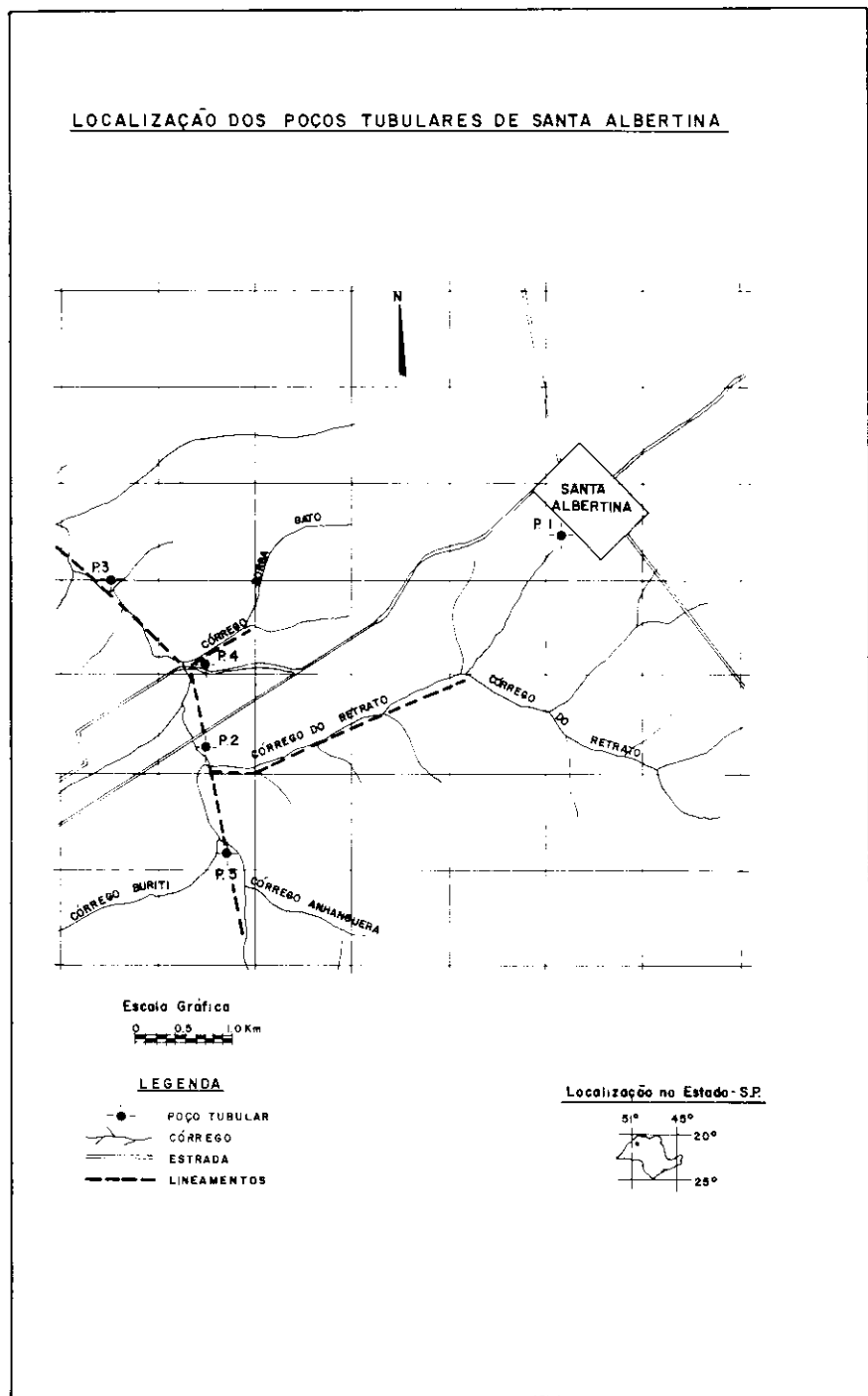
água subterrânea proveniente do aquífero Serra Geral.

Quanto ao PH, o mesmo é normal ou comumente alcalino – entre 7 e 9,8 – dado ao fato que as águas são alcalinas e bicarbonatadas.

As temperaturas refletem normalmente a média anual, oscilando entre 23 e 27°C, para os poços cadastrados.

VULNERABILIDADE DO AQUIFERO À POLUIÇÃO

Em virtude da vulnerabilidade do aquífero estar condicionada à presença de rupturas, onde normalmente a drenagem está alinhada segundo os planos de fraqueza estrutural e que as locações são preferencialmente próximas



às mesmas, temos observado em regiões com bom número de poços e problemática de poluição de aquífero.

O uso indiscriminado de fertilizantes à base de Nitrogênio a presença de usinas álcool-açucareiras com despejos de vinhoto e esgotos sem tratamento na drenagem, tem contribuído sobremodo para ampliar a poluição sobre este aquífero.

Áreas como Ribeirão Preto, Monte Azul Paulista, Sertãozinho, Matão, Jaú e Barra Bonita vem sofrendo influências diretas destes tipos de poluição.

A escolha da época para emprego dos adubos, preferencialmente na estiagem, ajudaria a reduzir o índice poluidor; a redução de vazão e tempo de funcionamento dos poços também poderia ser um paliativo para redução da poluição quando detectada nos seus primórdios.

A rigor acrescentaríamos que dever-se-ia processar uma legislação mais rígida para impedir que tenhamos que recuperar no futuro, a duras penas, o que podemos preservar no presente.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

a) Com base nos poços cadastrados e apresentados na tabela anexa,

ressaltamos os seguintes parâmetros:

- Profundidade média dos poços = 148,02 m/poço;
- Diâmetros de completação predominantes = 200 e 150 mm;
- Níveis estáticos (intervalo) = de 3,00 a 86,69 m;
- Níveis dinâmicos (intervalo) = de 4,00 a 118,98 m;
- Vazões específicas obtidas = de 0,12 a 62 m³/h/m;
- Vazão média de exploração = 41,45 m³/h;
- Prazos de execução dos poços = 30 a 90 dias.

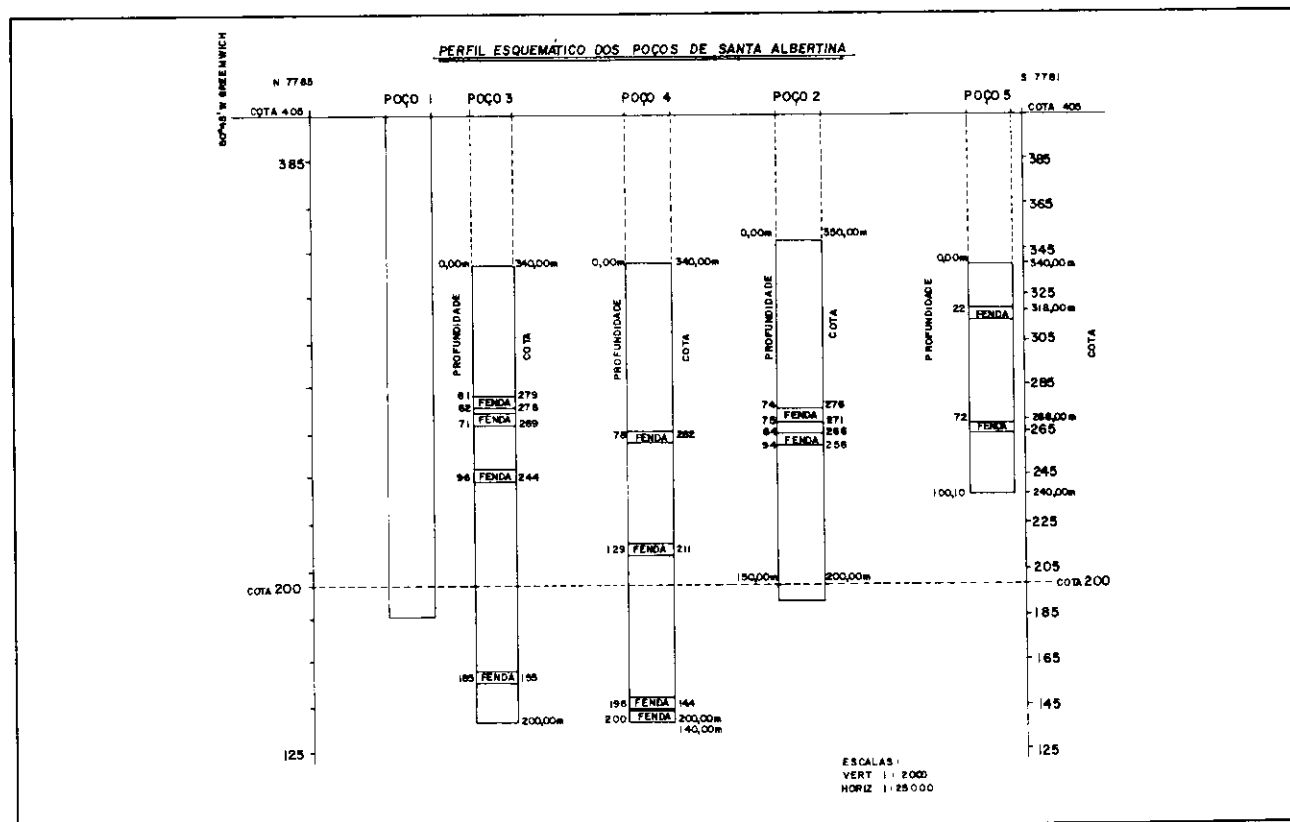
b) Sob o ponto de vista econômico, os poços perfurados para captar a água subterrânea proveniente do aquífero Serra Geral apresentam a relação custo do m³ de água produzido versus investimento na sua construção a menor em relação a todos os outros aquíferos exploráveis no Estado de São Paulo. A causa disto é a execução de furos com pequeno diâmetros, em geral 150 e 200 mm, sem necessidade do emprego de grandes colunas de tubos de revestimento, filtros, pré-filtros bem como dispensa de desenvolvimentos prolongados. Somado a isto há o parâmetro profundidade que situa-se num máximo de

150 m em média.

Tomando-se como base os 65 poços estudados, cujo custo médio está estimado em 1500 UPCs para uma exploração média de 41,45 m³/h/poço, (média dos 65 poços), verificamos que o investimento para a produção de cada m³/h sera de 36,18 UPCs; tal valor é considerado altamente econômico e o mais eficiente para o abastecimento de pequenas e médias comunidades, mesmo em relação a outros mananciais.

c) Constatamos ser fundamental antes de construção do poço tubular nesse aquífero a realização de estudo hidrogeológico prévio, com locação e projeto técnico construtivo adequado. Com essa medida localizar-se-iam as zonas reservadas potenciais. Também é de muita importância o acompanhamento da obra por profissionais mais habilitados, pois o resultado final está intrinsecamente relacionado às características construtivas do poço tubular.

Cabe ainda ressaltar que não há termo comparativo para os poços locados fora de condicionamento geológico, visto que seus resultados apresentam vazões nulas ou irrisórias, o que os torna anti-econômicos.



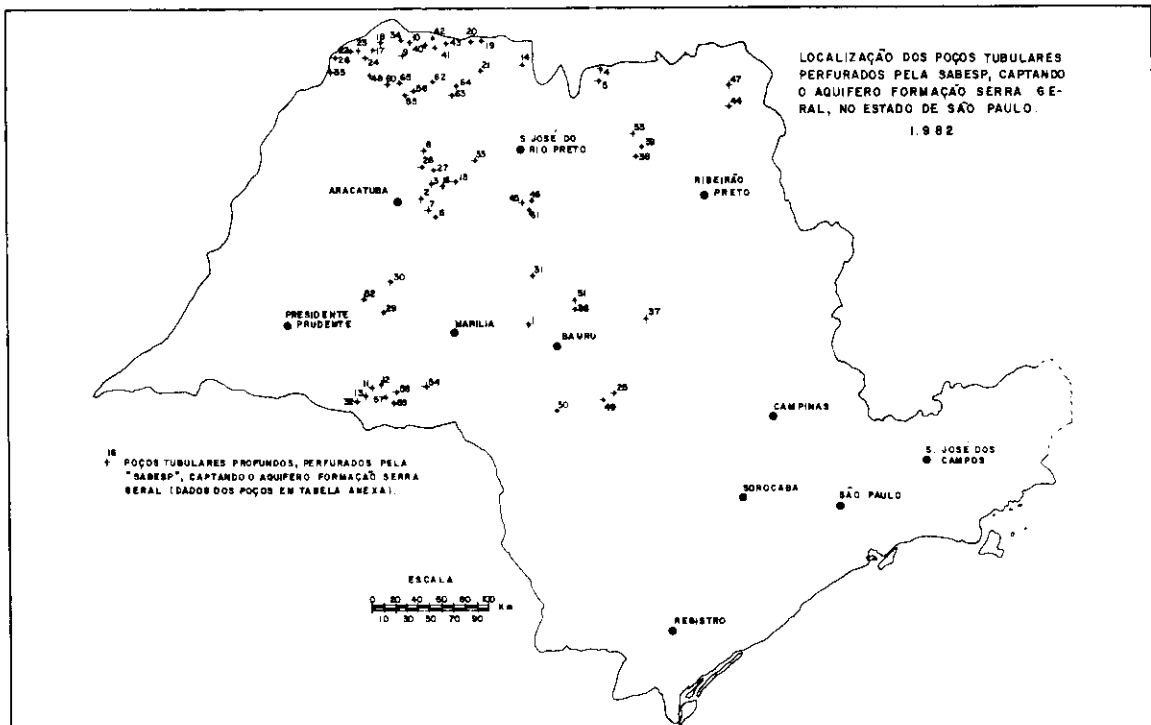
BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F.F.M. de — O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná — Boletim Paulista de Geologia n.º 24 — S. Paulo — 1956.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica — Estudo de Água Subterrânea — Reg. Adm. 7, 8 e 9 — S. Paulo — 1975.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica — Estudo de Água Subterrânea — Reg. Adm. 6 — 1975.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica — Estudo de Águas Subterrâneas — Reg. Adm. 10 e 11 — S. Paulo — 1979.
- Mistretta, Gildo — Hidrogeologia dos Basaltos da Bacia Sedimentar do Paraná. — Seminários Gerais — I.G. — USP — 1977.

ANEXOS

- Mapa 1 — Derrames Basálticos do Estado de São Paulo com localização de Poços Tubulares Perfurados pela SABESP na Formação Serra Geral.
- Tabela — Relação de Poços Tubulares Perfurados pela SABESP nas Rochas da Formação Serra Geral para abastecimento de Comunidades do Estado de São Paulo.
- Figura 1 — Derrames Basálticos.

RELAÇÃO DE POCOS TUBULARES PERFORADOS PELA SABESP NAS ROCHAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL, PARA O ABASTECIMENTO DE COMUNIDADES NO ESTADO DE SÃO PAULO							
Município	Distrito	Nº POÇO LOCAL	NÍVEL ESTÁTICO (m)	VAZÃO TESTE (m ³ /h)	VAZÃO ESPECÍFICO (m ³ /h/m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	PROF (m)
01-ALVARES FLORENCE	SEDE	P.1	4.30	48	2.72	21.92	154
02-ALVARES FLORENCE	BOA VISTA ANDRADAS	P.1	52.16	8.7	0.25	84.72	200
03-AREALVA	SEDE	P.4	0.0	15	0.25	59	220
04-AREALVA	MARILÂNDIA	P.1	16.90	23	0.99	40	364
05-ASSIS	TARUMÁ	P.1	1.12	37	12.64	4	81
06-ASSIS	SEDE	P.2	3.35	30	3.75	11.35	80
07-ASSIS	SEDE	P.3	2.60	8	0.12	65	151
08-AVAÍ	SEDE	P.4	9.64	100	5.68	24.64	150
09-BASTOS	SEDE	P.1	150.64	60	34.07	152.50	240
10-BURITAMA	SEDE	P.2	13.42	33	0.64	64.52	110
11-BURITAMA	SEDE	P.3	28	46.50	0.98	75	120
12-COLOMBIA	SEDE	P.5	0.80	17	0.30	57	120
13-COLOMBIA	LARANJEIRAS	P.1	2.45	30	0.72	45.70	150
14-COROADOS	SEDE	P.1	44.70	14.70	0.20	115	210
15-COROADOS	BREJO ALEGRE	P.2	66.30	22	1.37	82.30	160
16-CRUZÁLIA	SEDE	P.1	42.08	30	0.65	89	130
17-DOLCINÓPOLIS	SEDE	P.2	5.04	20	0.27	79.05	160
18-DOURADO	SEDE	P.3	1.69	41.60	2.06	21.68	120
19-ESTRELA D'OESTE	SEDE	P.5	12	40	1.42	40.08	201
20-ESTRELA D'OESTE	SEDE	P.6	23.76	40	1.85	26	196
21-ESTRELA D'OESTE	SEDE	P.7	11.70	60.92	0.76	90.43	202
22-GASTÃO VIDIGAL	SEDE	P.5	36.50	100	2.0	41.50	207
23-GUARANI D'OESTE	SEDE	P.6	2.50	100	4.65	24	150
24-GUARANI D'OESTE	ARABÁ	P.1	1.30	46.58	1.39	34.51	120
25-INDIAPORÁ	SEDE	P.1	51.11	35	2.23	67.11	120
26-INDIAPORÁ	SEDE	P.2	28.94	50	3.10	46.95	157
27-INDIAPORÁ	SEDE	P.3	2	45	1.15	42	80
28-INDIAPORÁ	SEDE	P.4	37.49	55	2.30	61.49	123
29-IRAPUÁ	SEDE	P.4	20.98	15	0.15	118.98	150.40
30-IRAPUÁ	SEDE	P.3	21.03	45	1.20	58.38	150
31-JABORANDI	SEDE	P.1	3.10	15	0.48	33.40	66
32-JERIQUARA	SEDE	P.1	5.98	20	0.95	27	90
33-MARACÁI	SEDE	P.1	5	100	22.72	9.40	1.5



RELAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PERFORADOS PELA SABESP NAS ROCHAS DA
FORMAÇÃO SERRA GERAL, PARA O ABASTECIMENTO DE COMUNIDADES NO
ESTADO DE SÃO PAULO

Município	Distrito	Nº POÇO LOCAL	NÍVEL ESTÁTICO (m)	VAZÃO TESTE (m ³ /h)	VAZÃO ESPECÍFICO (m ³ /h/m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	PROF. (m)
34-MARACAÍ	SEDE	P.2	34	72	53.33	35.35	122.50
35-MARACAÍ	SANTA CRUZ DA BOA VISTA	P.1	3.62	100	7.69	16.62	181.50
36-NIPOÃ	SEDE	P.1	60	40	1.33	90	203
37-ÓLEO	SEDE	P.2	7.30	25	1.66	22.30	150
38-ORINDIÚVA	SEDE	P.1	5.05	44.10	2.27	24.46	152
39-PARANAPUÃ	SEDE	P.3	7.57	60	5.75	18	160
40-PARANAPUÃ	MESÓPOLIS	P.1	+3.00	60	2	2.7	200
41-PEDRANÓPOLIS	SANTA ISABEL MARINHEIRO	P.1	20.73	30	1	52.73	130.70
42-PLANALTO	SEDE	P.2	75.70	60	2.27	102.10	215
43-PLANALTO	ZACARIAS	P.1	43.60	49.50	1.71	72.40	115
44-PLATINA	SEDE	P.1	+0.72	51	8.65	5.20	74
45-PONTES GESTAL	SEDE	P.1	34	26	2.16	46	100
46-POPULINA	SEDE	P.2	5.97	24	1.13	27.13	133
47-RIBEIRÃO CORRENTE	SEDE	P.2	5	22.60	0.26	89.60	120
48-RIOLANDIA	SEDE	P.3	4.82	60	1.65	41.06	150
49-RIOLANDIA	SEDE	P.4	3	60	1.50	43	121.20
50-RUBINEIA	SEDE	P.1	22	25	0.62	62.25	122
51-SANTA ALBERTINA	SEDE	P.2	1.65	15	0.38	41	150
52-SANTA ALBERTINA	SEDE	P.4	3.43	45	0.58	60.43	200
53-SANTA ALBERTINA	SEDE	P.5	3.17	90	3.57	26.37	100
54-SÃO MANUEL	PRATANIA	P.1	3.50	70	6.2	11.50	80
55-SÃO MANUEL	APARECIDA DE SÃO MANUEL	P.2	0	36	1.12	26.70	120
56-SANTA CLARA D'OESTE	SEDE	P.1	25	12.50	0.26	71.90	120
57-TERRA ROXA	SEDE	P.1	16	9	0.16	63	115
58-TERRA ROXA	SEDE	P.2	14	20	0.61	47	122
59-TURIÚBA	SEDE	P.2	70	26	1.61	86.12	166
60-TURIÚBA	VILA LURDES	P.1	22.70	50	1.21	63.70	132
61-TUPÃ	VARPA	P.1	13.10	20	0.37	67	160
62-TUPÃ	ARCO-IRIS	P.2	16	60	2.72	38	105
63-TURMALINA	SEDE	P.7	13.40	12	0.12	106.60	120
64-URANIA	ASPÁSIA	P.1	53	45	4.68	62.60	220
65-URÚ	SEDE	P.2	16	60	2.72	38	105

DERRAMES BASÁLTICOS

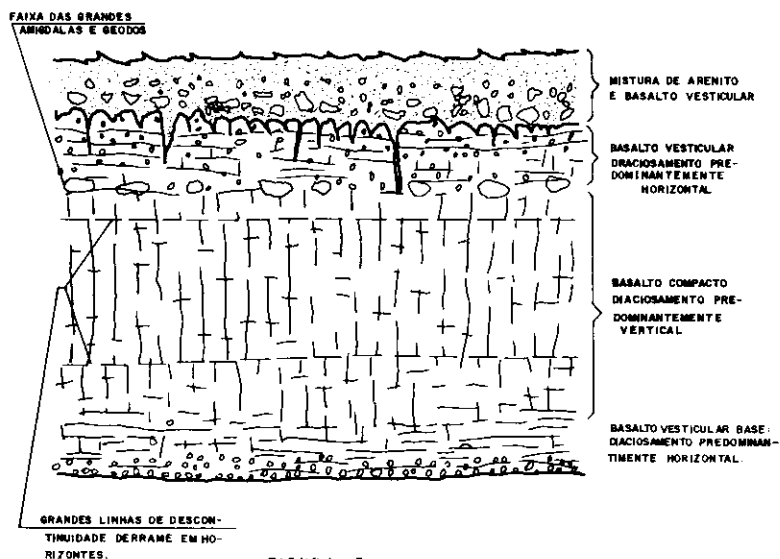


FIGURA I