

## ESTUDOS INTEGRADOS DE RECURSOS HÍDRICOS REGIONAIS, NO ESTADO DE SÃO PAULO

**Uri Barner, Nathan Columbus**

ENCO — Engenharia Consultoria Planejamento Ltda. — Rio de Janeiro

**Ivanir B. Mariano**

DAEE — Departamento de Águas e Energia Elétrica — São Paulo

**Jean-Marie Teissedre**

CETESB/DAEE — Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental — São Paulo

### ABSTRACT

A preliminary study covering the entire State of São Paulo was elaborated at the beginning of the present decade. The objectives were to identify and evaluate existing aquifers as well as the sustained yield of ground water in the various administrative regions of the State.

The following studies and projects examined the ground water potential; the interrelationship between ground water and surface water and the possibilities to explore ground water resources by means of advanced drilling technology.

The results obtained enabled the planner to define for a range of time the available water resources for domestic, industrial and agricultural uses. Thus, for each administrative region, the present exploitation, and the explorable potential were estimated for the future.

It was concluded, that the major part of the interior of the State, can be supplied by ground water for future necessities. However, along the coast in the greater São Paulo region ground water resources are inadequate and other sources should be examined.

### INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo tem uma área de aproximadamente 250.000 km<sup>2</sup> e encontra-se na parte sul brasileiro.

A maior parte do Estado é drenada pelo rio Paranã, rio Grande e pelo rio Paranapanema a oeste, norte e sudoeste do Estado. O restante do Estado é drenado pelo rio Paraíba e rio Ribeira, na direção do Atlântico.

Do ponto de vista geomorfológico, o Estado é dividido em 5 regiões: o planalto Atlântico, formado por uma série de cristalinos e as bacias de terciários de São Paulo e Taubaté; a província costeira, incluindo as montanhas cristalinas e a orla do mar de bacias sedimentares; a Depressão Periférica representada pelos sedimentos paleozóicos da bacia do Paranã. As cuestas basálticas formadas pelos basaltos e o planalto ocidental formado de arenitos cretácicos.

A população do Estado atinge, atualmente, 22 milhões de habitantes, aproximadamente, dos quais, cerca de 10 milhões, vivem na Grande São Paulo. O crescimento acelerado da população aliado ao desenvolvimento econômico e industrial do Estado, resultaram numa crescente demanda de água. A exploração descontrolada de água subterrânea precipitou a necessidade de avaliar a exploração atual e o potencial explorável. Assim, a divisão do Estado em regiões administrativas foi utilizada nos estudos, segundo prioridades préestabelecidas, (mapa A-1).

## OS PRINCIPAIS AQUÍFEROS

Dois tipos de aquíferos estendem-se no Estado de São Paulo : aquíferos regionais e locais.

### Aquíferos Regionais :

Os principais aquíferos regionais são descritos a seguir, na ordem de importância : o Botucatu, incluindo o Pirambóia do Triássico-Jurássico, são formados de arenitos finos a médios de origem eólica, sobrejacentes à Formação Estrada Nova e subjacentes por uma camada de grande espessura dos basaltos da Formação Serra Geral.

O Botucatu estende-se em uma área de 16.000 km<sup>2</sup> de superfície a qual deve-se adicionar 150.000 km<sup>2</sup> que corresponde à área subjacentes a outras formações. A espessura média é de 300 m e na maior parte do Estado é artesiano. A exploração dessa formação pode ser conseguida por poços de 150 - 1800 m de profundidade.

O aquífero Bauru do Cretácio Superior, é representado pelos sedimentos de origem flúvio-lacustre e compostos, principalmente de arenitos, silto e argila, podendo ocorrer cimento carbonático. O aquífero estende-se a uma área de 102.000 km<sup>2</sup> de superfície, com espessura da ordem de 200 m. O seu comportamento é de aquífero livre a semi-confinado, constituindo um importante aquífero para abastecimento de pequenas e médias comunidades.

O aquífero furnas de origem Devoniano, incluindo arenitos arcossianos. A formação possui uma área aflorante de 1355 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo e uma espessura de 300 m.

### Aquíferos Locais

Entre os aquíferos locais podem ser citados as bacias terciárias de São Paulo e de Taubaté e o aquífero costeiro. A bacia de São Paulo é de origem tectônica e composta de sedimentos terciários até 200 m de espessura. A bacia estende-se em uma área de 1.000 km<sup>2</sup> dos quais, 80% são urbanizados. Os sedimentos são principalmente de argila e siltitos intercalados com camadas de areia, às vezes semi-confinados. O aquífero dessa bacia é de baixa produtividade devido à super exploração.

A bacia de Taubaté, de origem tectônica, estende-se ao longo do vale do rio Paraíba, numa área de 2.400 km<sup>2</sup>, com 170 km de comprimento e 20 km de largura.

A bacia é constituída por três tipos de sedimentos, cada um caracterizando o ambiente de deposição : de lagoa, rio ou marginal. Os sedimentos de lagoas são folhelhos e argilas; dos rios são compostos de areia e argila intercalados; de ambiente marginal são "Breccias" e sedimentos conglomerados. No meio da bacia, a potência dos sedimentos alcança 500 m. No total, é um só aquífero de boa produtividade, dependendo do ambiente de deposição.

Esse fato é bem observado nas duas sub-bacias laterais, enquanto na sub-bacia central, com depósitos de lagoas, principalmente a exploração não é muito viável.

Os aquíferos costeiros são sedimentos arenosos de áreas limitadas 5 - 20 km de largura e 60 m de espessura; descontínuos e pouco aproveitados.

Rochas cristalinas e basaltos fissurados formam, às vezes, aquíferos locais. A Formação Serra Geral de basaltos com potência da ordem de 1.500 m, estende-se subjacente da Formação Bauru e aflora numa área de 32.000 km<sup>2</sup>. A exploração do basalto é concentrada em áreas fissuradas, com falhas ou com horizontes vesiculares.

O embasamento precambriano estende-se numa área de 57.500 km<sup>2</sup> e é composto de rochas ígneas e metamórficas. Em áreas de falhamento existem possibilidades de exploração, mas com baixa produtividade, em geral. O Grupo Tubarão é formado de siltitos, folhelhos e argilas com algumas camadas de areia. Essa sequência sedimentar alcança uma potência de 1.300 m e cobre uma área de 20.500 km<sup>2</sup>. As possibilidades de exploração são pequenas, exceto em camadas clásticas.



## O LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO

Em 1972, a então Secretaria de Serviços e Obras Públicas, atualmente Secretaria de Obras e do Meio Ambiente, por meio do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), empreendeu o levantamento de recursos hídricos subterrâneos no Estado de São Paulo. As conclusões do estudo preliminar recomendaram estudos e levantamentos detalhados em áreas escolhidas com prioridade. A divisão existente no Estado para regiões administrativas foi adotado para a finalidade de estudar e projetar áreas definidas. Nesses levantamentos houve a colaboração da TAHAL Consulting Engineers, de Israel, bem como de várias empresas brasileiras. Até o presente, 80% da área do Estado já foram estudados e, o restante, o está sendo.

As regiões administrativas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 que se estendem numa área de 160.000 km<sup>2</sup> da bacia do Paran, foram as primeiras entre as serem estudadas. O desenvolvimento agrícola e industrial dessas áreas, causou o aumento na demanda de água e, portanto, o crescente número de poços que estão sendo perfurados nessas regiões (gráf. 1). A maior parte dos poços nessas regiões atingem somente o aqifero Bauru, enquanto alguns, penetram o basalto e o Botucatu. No total, foram cadastrados, nessas regiões, cerca de 3.650 poços e, atualmente, o número de poços deverá chegar a 5.800.

A região da Grande São Paulo, que  o centro industrial mais importante do Brasil, possui uma superfície de 8.000 km<sup>2</sup>, onde a água subterrânea deriva-se de duas principais fontes: o aqifero sedimentar da bacia de São Paulo, com uma potência máxima de 200 m e, o precambriano cristalino, de baixa produtividade. Acima de 3.000 poços foram cadastrados na região em 1974 e, esse número deverá chegar a 5.000, atualmente.

A região administrativa 2, estende-se ao longo da costa; possui aqiferos sedimentares descontínuos e com problemas de penetrao do interface do mar. O número de poços, nessa região,  de aproximadamente 150 e, de até 150 metros de profundidade.

A região administrativa 3 - Vale do Paraíba, estende-se numa área de 14.200 km<sup>2</sup>, possuindo cerca de um milhão de habitantes.

Em 1976 foram cadastrados 350 poços e, em 1980, esse número deverá chegar a 500, aproximadamente. A explorao nessa área  dos sedimentos terciários, principalmente.

## O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

### Metodologia e Objetivos

A metodologia adotada constitui-se de duas fases: a primeira de coleta de dados de campo (poços, flu-plu, obras de saneamento, etc) e dos dados em poder das companhias de perfurao, DNAEE, SABESP, etc. A segunda, consiste em análise e síntese dos dados coletados e uma avaliao e definio dos principais parâmetros-objetivo desses projetos.

Para alcançar os objetivos almejados, foram executados testes de bombeamento, análise de qualidade da água subterrânea, mapeamento hidrogeológico e sondagens elétricas. Um banco de dados, que já foi dimensionado conjuntamente pelo pessoal do DAEE e a Consultora ENCO, facilitou o processamento de dados e a recuperao dos resultados de interesse.

Os principais objetivos podem ser assim definidos:

1. avaliao da situao atual de explorao de água subterrânea;
2. avaliao e determinao do potencial explorável de recursos hídricos;
3. definio de tecnologias adequadas para a perfurao de poços nos vários aqiferos;
4. determinao de um plano de operao, técnica e economicamente viável, para futuro aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos.

EXPLORAÇÃO ATUAL E FUTURA

A exploração atual de água subterrânea no Estado de São Paulo, importa em aproximadamente 700 milhões de m<sup>3</sup>/ano. O crescimento da exploração de água subterrânea nas regiões 7, 8 e 9 é mostrado no gráfico 2.

Desse valor, a região administrativa de Ribeirão Preto, extrai uma grande parte ( 200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano ), enquanto que, a Grande São Paulo e as regiões de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba exploram 150 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, respectivamente.

Analisando a origem dessas quantidades de água subterrânea, o aquífero Botucatu-Pirambóia e o Bauru-Caiuã fornecem 50% do total (200 x 10<sup>6</sup> e 150 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, respectivamente). O restante provém do basalto (75 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano) e do Terciário de São Paulo e Taubaté (156 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano).

Para avaliar as possibilidades de fornecer água subterrânea para o futuro, foi analisado e examinado o potencial explorável. Assim, os resultados obtidos mostram que, em algumas das regiões, a água subterrânea poderá fornecer o total da demanda no ano de 2.000, enquanto que, em outras, só parcialmente, ou somente por água superficial. O quadro a seguir mostra a exploração atual, o potencial explorável e a demanda futura de água, nas várias regiões :

REG.ADM.	Expl. Atual 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano	Potencial Explorável 10 <sup>6</sup> x m <sup>3</sup> /ano	Demanda de Água Ano 2.000 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano
1. Grande São Paulo	250	172	2.450
2. Santos	.2	5	825
3. São José dos Campos	45	230	970
6. Ribeirão Preto	200	3.800	470
7. Bauru			
8. São José do Rio Preto	148	1.400	495
9. Araçatuba			
10. Presidente Prudente	55	400	
11. Marília			

Analisando os dados que aparecem no quadro acima, é evidente que em algumas regiões é viável o abastecimento provindo de água subterrânea, enquanto que, em outras, a solução é o de água superficial.

Com a finalidade de avaliar o potencial explorável, a análise e síntese dos dados, leve-se em consideração todos os elementos que contribuem e que afetam o regime de água subterrânea. ou seja, as inter-relações com os rios, e o regime hidrometeorológico. Para a previsão da demanda futura de água foram estabelecidos os censos existentes e as tendências ao crescimento da população, bem como o consumo de água "per capita" em várias regiões.

Assim sendo, todos os dados foram computados para fornecer-nos uma visão clara da situação futura dos recursos de água subterrânea e as possibilidades de serem utilizados.



## CONCLUSÕES

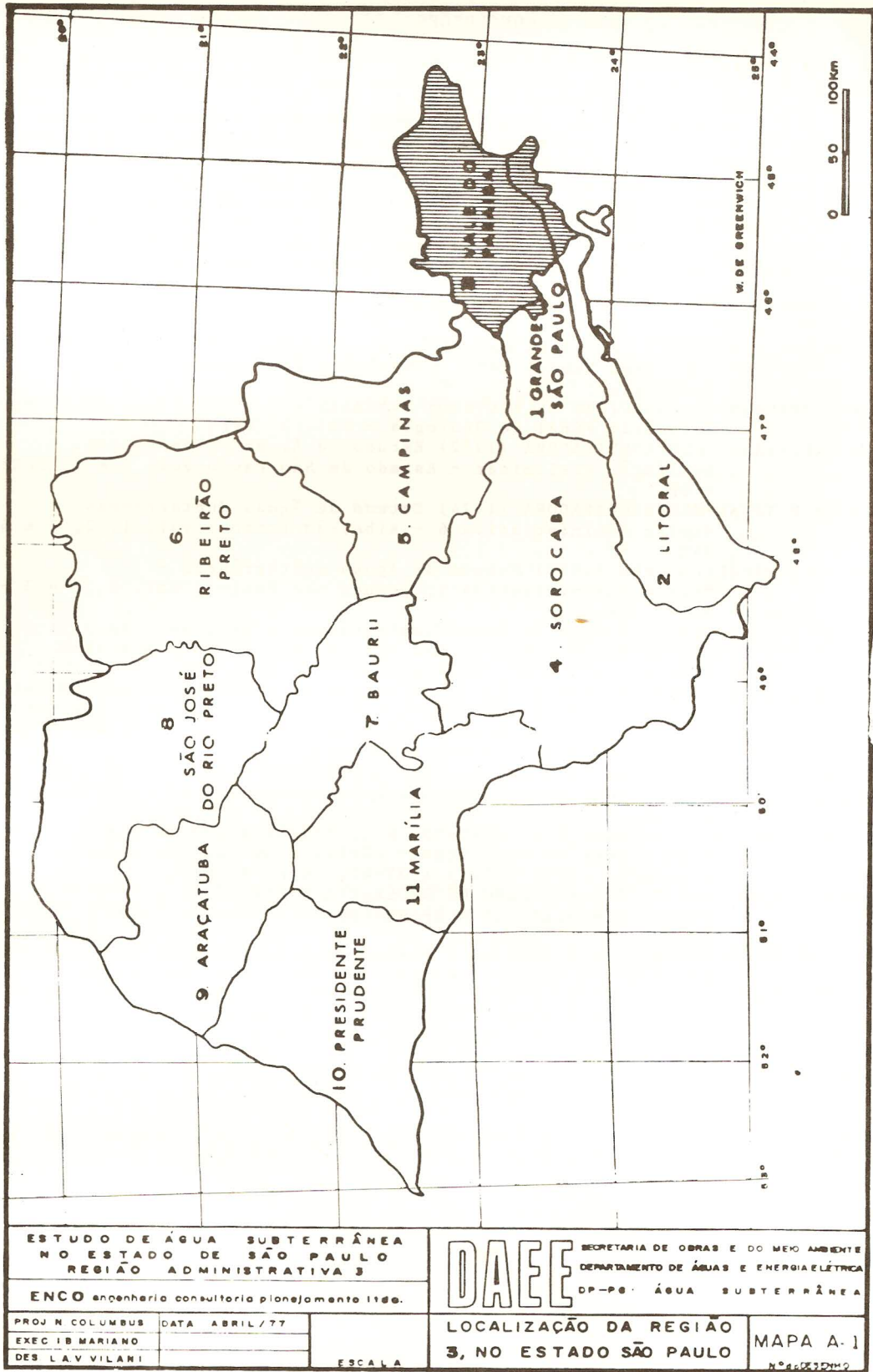
O aproveitamento racional dos recursos de água subterrânea, é de alta importância, a fim de que sejam mantidos, dentro do nosso desejo, sua qualidade e seu controle.

Até o presente, o uso desses recursos hídricos foi descontrolado, devido à falta de uma política adequada. Os levantamentos e estudos elaborados, facilitarão a definição da situação atual de água subterrânea e a formulação de um esquema de aproveitamento para o futuro.

Os estudos integrados de recursos hídricos nas várias regiões, mostram a importância de planejar seu aproveitamento de uma maneira racional para que seja preservada a qualidade da água e o fornecimento de quantidades necessárias segundo o crescimento da população.

## BIBLIOGRAFIA

- BLANK, D. (1977) Operators manual of groundwater model application (Internul Publ.) TAHAL Consulting Engineers, Tel Aviv (Israel).
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS (1975) Projeto SUDELPA - Relatório Final de Geologia - Vol. 1 CPRM.
- DAEE-TAHAL/GEOPESQUISADORA (1972) Estudo de Águas Subterrâneas. Avaliação Preliminar - Estado de São Paulo vol. 1 e 2, DAEE - SP.
- DAEE-TAHAL/GEOPESQUISADORA (1974) Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 6 - Ribeirão Preto - vol. 1, 2, 3 e 4 DAEE - SP.
- DAEE-TAHAL/ENCIBRA (1975) Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 1, Grande São Paulo - vol. 1, 2 e 3 - DAEE - SP.
- DAEE-ENCO (1976) Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 7, 8 e 9 - Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba - vol. 1, 2, 3 e 4 - DAEE-SP.
- DAEE-ENCO (1977) Estudo de Águas Subterrâneas na Região Administrativa 3 - São José dos Campos - vol. 1, 2, 3, 4 e 5. DAEE-SP.
- DAEE (1978) Manual do Usuário do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas SIDAS - DAEE-SP.
- DAEE (1978) Cadastro Geral da Rede Hidrométrica em Operação, (SP).
- DAEE (1976) Sistema Hidro, Métodos e Procedimentos em Recursos Hídricos, 3 vol.
- FÚLFARO, V.J., SUGUIO, K e PONÇANO, W.L. (1974) A gênese das Planícies Costeiras Paulistas - XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Anais Vol. 3 : 37-42, Porto Alegre.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - FIBGE - Censos Demográficos - Recenseamentos Decenais 1950 - 1960-1970.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO (1965) Água Subterrânea no Estado de São Paulo e Regiões Limítrofes. SBG - vol. II, nº 1.
- MARTIN, L. e SUGUIO, K. (1975) The State of São Paulo Coastal Marine Quaternary Geology - The Ancient Strandlines - Intern. Symposium on the Quaternary Bol. Paran.Geociências nº 33 : 18, Curitiba.
- RIDEG, P. (1974) Geology and Structure of a Portion of the Serra do Mar in eastern São Paulo, Brazil, State University of New York, P.Q.D, Thesis.
- SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO - SEPLAN (1972) Diagnóstico Básico das Regiões Administrativas do Estado de São Paulo.



ESTUDO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA  
NO ESTADO DE SÃO PAULO  
REGIÃO ADMINISTRATIVA 3

ENCO engenharia consultoria planejamento ltda.

PROJ N COLUMBUS	DATA ABRIL/77
EXEC IB MARIANO	
DES LAV VILANI	

ESCALA

**DAEE**

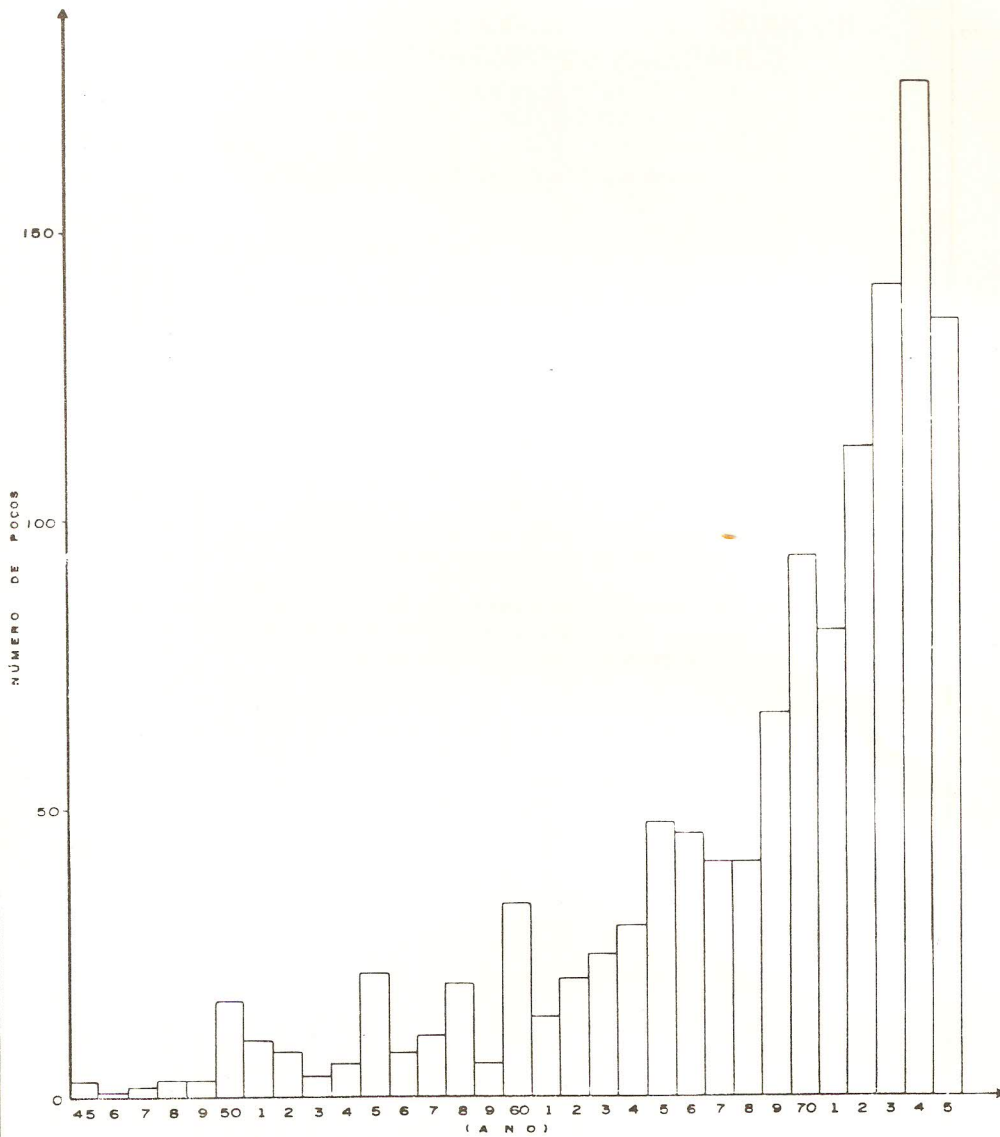
SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA  
DP-PS - ÁGUA SUBTERRÂNEA

LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO  
3, NO ESTADO SÃO PAULO

MAPA A-1  
Nº 46632M2

# EVOLUÇÃO DE PERFURAÇÃO

REGIÕES ADMINISTRATIVAS 7,8 e 9



ESTUDO DE AGUA SUBTERRANEA NO ESTADO DE SÃO PAULO REGIÕES ADMINISTRATIVAS 7,8 e 9		<b>DAEE</b>	SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE
ENCO-engenharia consultoria planejamento Ltda.			DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELÉTRICA OP-PG AGUA SUBTERRANEA
Proj. U. BARNER	Data 29-4-76	ESCALA	GRAF-1
Exec. I. B. MARIANO			
Des. AMIRIS N.			