

## ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO DAEE NAS ÁREAS DE GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

POR

J.L. SANCHES\* e J.L.G. MENDONÇA\*

RESUMO -- Desde 1972, o Departamento de Águas e Energia Elétrica vem executando um levantamento a nível de reconhecimento dos recursos hídricos subterrâneos, que resultaram em Projetos Regionais.

Em paralelo a esses trabalhos o DAEE desenvolveu diversas avaliações hidrogeológicas promovendo a perfuração de diversos poços tubulares profundos para abastecimento público.

Através de convênios com escolas e empresas, o DAEE, promoveu também mapas geológicos recobrimdo todo o Estado de São Paulo.

Esses estudos integrados permitiram uma melhor caracterização geométrica e lito-estrutural dos vários aquíferos além de permitir o desenvolvimento de tecnologia adequada na área de perfuração de poços, levantamentos regionais, sistema de informações e treinamento de pessoal.

### INTRODUÇÃO

No início de 1972, a Secretaria dos Serviços e Obras Públicas, atualmente, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente (SOMA), através do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), 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 condições da água subterrânea, as perspectivas para o aproveitamento e as formas para a sua conservação, nas várias regiões do Estado.

Como o Estado de São Paulo possui uma área com 247300 Km<sup>2</sup> e, na dificuldade de executar um estudo hidrogeológico detalhado numa área tão extensa, adotou-se um programa de estudos segundo as regiões administrativas, cujas dimensões permitem realizar as atividades sistematicamente e, a partir deste trabalho se definiram as áreas prioritárias e o esquema de elaboração dos Estudos Regionais.

Desta forma, de 1973 a 1983 foram estudadas as 11 regiões administrativas do Estado.

### PROJETOS REGIONAIS

#### Objetivos

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

- conhecimento da hidrogeologia regional e as condições das águas subterrâneas existentes;
- determinação da situação atual da exploração e da qualidade da água;
- avaliação do potencial de aproveitamento da água subterrânea;

\* Geólogo do Departamento de Águas e Energia Elétrica, SP.

- estimativa da demanda de água na região;
- demonstração da conveniência do desenvolvimento dos recursos de água subterrânea e estabelecimento de diretrizes da política regional de aproveitamento;
- cadastramento dos poços, visando um controle central, regularização da perfuração e legislação;
- treinamento de técnicos do DAEE no campo da pesquisa e planejamento de água subterrânea, bem como assistência técnica nas prospecções realizadas por meio de perfuração.

#### Metodologia e Sistemática

A metodologia de trabalho foi sendo estabelecida à medida que foram sendo desenvolvidos os vários projetos, respeitando-se tanto as condições locais do projeto como seus objetivos.

Apesar dessas diferenças, em linhas gerais, esses estudos abrangeram as seguintes disciplinas :

- Geologia e Geofísica
- Hidrogeologia
- Hidrometeorologia
- Perfuração de Poços
- Planificação de desenvolvimento de Recursos Hídricos

Na execução desses trabalhos podem ser distinguidas as seguintes fases :

- a - coleta e compilação de dados
- b - processamento e geração de dados
- c - análise
- d - síntese e planejamento

As atividades de coleta e compilação de dados foram feitas através de levantamentos de campo após a obtenção de dados básicos junto às firmas perfuradoras. Nesta fase foram levantados os dados pertinentes a todos os poços de cada uma das regiões, além da execução de mapeamentos geológicos detalhados, sondagens elétricas, coleta e análise de testes de bombeamento de diversos tipos.

Numa segunda fase, foram confeccionados mapas e secções geológicas, bem como mapas de águas subterrâneas.

A fase de análise de dados permitiu a caracterização dos aquíferos, tanto geométrica como hidrodinamicamente.

Na última fase foram operados os modelos destinados a determinar os componentes e potencialidades dos sistemas aquíferos que permitiram os estudos de projeto e viabilidade do aproveitamento da água subterrânea e o seu planejamento.

#### Regiões Estudadas

A primeira região estudada após o levantamento preliminar do Estado foi a de Ribeirão Preto (Região 6 - ano de 1973), principalmente, por ser o município sede abastecido quase que exclusivamente por água subterrânea

e por possuir uma infra-estrutura que permitisse o acesso aos diversos municípios.

Geologicamente a região é representada, principalmente, por afloramentos das formações : Bauru, Serra Geral, Botucatu e Pirambóia da Bacia do Paraná com intercalações de numerosos sills e diques de diabásio nos sedimentos mesozóicos do Grupo São Bento, sendo o restante da região recoberto por rochas pré-cambrianas.

Do ponto de vista hidrogeológico distinguem-se 2 aquíferos em potenciais representados pelos sedimentos da Fm. Bauru e os da Fm. Botucatu-Pirambóia e, de menos importância constituindo um aquífero descontínuo os derrames basálticos da Fm. Serra Geral.

Na região que abrange cerca de 35000 Km<sup>2</sup> foram cadastrados 630 poços, sendo encontrados somente 450 em funcionamento e executados 40 testes de bombeamento. A fim de completar os dados litológicos e estratigráficos, foram executados 129 sondagens geofísicas de eletro-resistividades e no intuito de obter a qualidade de água subterrânea foram coletadas 350 amostras para análises físico-químicas.

A partir de 1974, sendo o principal e mais importante centro industrial do Brasil, onde se concentra o maior número de habitantes e, apesar das dificuldades encontradas frente a grande urbanização da área, levantaram-se os recursos hídricos subterrâneos da Grande São Paulo.

A Região é representada geologicamente por rochas cristalinas de pouca produtividade e por sedimentos heterogêneos terciários da Bacia de São Paulo, ocupando uma área de 15% dos 8000 Km<sup>2</sup> da superfície total da região.

Nesta região foram cadastrados de 3000 a 4000 poços. O crescimento de perfuração é de cerca de 400 poços por ano, sendo que 70% encontram-se em funcionamento. Devido às condições locais e a grande urbanização da área, foram realizados somente 18 poços de bombeamento e coletadas 100 amostras de água, visando principalmente a potabilidade.

Em paralelo ao estudo da Grande São Paulo, foram executados os estudos regionais das regiões de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba (Regiões 7,8,9).

Do ponto de vista geológico afloram, em sua maior extensão, os sedimentos arenosos do Grupo Bauru, capeando os basaltos da Fm. Serra Geral. As formações Botucatu e Pirambóia afloram numa área restrita nas proximidades de Bauru, sendo alcançada no restante da área por poços de grande profundidade desenvolvidos no decorrer do projeto.

Os principais aquíferos correspondem ao Grupo Bauru do tipo livre a semi-confinado e a Fm. Botucatu-Pirambóia apresentando condições de artesianismo. Os basaltos constituem um aquífero de fratura com potencial não desprezível.

No total de 1750 poços cadastrados distribuídos espacialmente numa área de 62600 Km<sup>2</sup>, cerca de 1160 poços estão em funcionamento. Foram realizados 60 testes de bombeamento, 98 sondagens geofísicas e 450 análises físico-químicas.

Em 1976, iniciaram-se os estudos da Região de São José dos Campos ( Região 3) , de grande importância no desenvolvimento industrial por ser localizada no eixo rodoviário de São Paulo-Rio de Janeiro.

A área que abrange cerca de 15000 Km<sup>2</sup> é recoberta por rochas pré-cambrianas recortando estruturalmente a bacia sedimentar de Taubaté, numa área de 2400 Km<sup>2</sup>. No que se refere a litologia, a bacia encontra-se preenchida por sedimentos arenosos nas regiões de São José dos Campos-Jacareí e Lorena enquanto que, na parte central predominam os folhelhos.

Os principais aquíferos, mais produtores, em água subterrânea correspondem às sub-bacias de Jacareí-São José dos Campos e Guarantiguetá-Lorena.

Foram cadastrados 392 poços estando somente 280 em funcionamento. Realizaram-se 35 testes de bombeamentos, 46 sondagens geofísicas dentro da bacia sedimentar e 105 análises físico-químicas.

Concomitantemente, em 1978, foram elaborados os projetos de estudos de águas subterrâneas das regiões de Presidente Prudente e Marília ( Região 10 e 11) e Santos (Região 2).

Do ponto de vista geológico e hidrogeológico as regiões 10 e 11 apresentam características similares às regiões 7, 8 e 9.

Numa área de 43900 km<sup>2</sup> cadastraram-se 1285 poços sendo encontrados 796 em funcionamento. Foram realizados 44 testes de bombeamento, 67 sondagens geofísicas e 163 coletas de amostras de água.

Na região 2, que abrange o Vale do Ribeira e o Litoral Paulista, a geologia é, essencialmente, composta por rochas cristalinas pré-cambrianas que delimitam ao longo da Costa planícies litorâneas construídas por sedimentos quaternários.

Do ponto de vista hidrogeológico, esses sedimentos formam um aquífero livre que sofre influência da penetração da cunha salgada, reduzindo seu aproveitamento em potencial.

Levando em consideração os fatores limitantes em relação à abundância de águas superficiais, foram cadastrados somente 129 poços, com menos de 50% em funcionamento, numa área total de 15500 km<sup>2</sup>. A fim de determinar a espessura dos sedimentos e a profundidade da cunha salgada, foi executada uma grande quantidade de sondagens geofísicas num total de 66, em relação aos projetos anteriores. Foi possível realizar 6 testes de bombeamento e coletar 27 amostras de água.

As 2 últimas regiões estudadas de 1979 a 1980, foram a de Campinas e Sorocaba (Regiões 5 e 4), embora, os levantamentos de campo tenham sido realizados numa única sequência, os resultados são apresentados individualmente.

Em ambas as regiões, a geologia envolve quase toda a sequência estratigráfica da Bacia do Paraná delimitada a leste pelas rochas cristalinas.

Do ponto de vista hidrogeológico, as formações que apresentam maior interesse são os sedimentos do Botucatu apesar de aflorar em forma de

"cuestas" e os sedimentos heterogêneos do Grupo Tubarão onde localizam-se os principais núcleos urbanos.

Assim na Região de Campinas, que corresponde a uma área de 27000 km<sup>2</sup>, foram cadastrados 1918 poços sendo encontrados 1313 em funcionamento e na Região de Sorocaba abrangendo uma área de 40300 km<sup>2</sup>, num total de 910 poços, 649 se encontram em funcionamento.

Respectivamente, foram realizados, na região de Campinas, 59 testes de bombeamento, 28 sondagens geofísicas, 125 análises físico-químicas e na região de Sorocaba 12 testes de bombeamento, 11 sondagens geofísicas e 91 análises físico-químicas.

O resumo destes levantamentos, numa sequência cronológica abrangendo todas as regiões administrativas do Estado, está sintetizado na Tabela 1.

#### OUTRAS ATIVIDADES

No decorrer dos projetos, foram realizados, concomitantemente, poços pesquisas de grandes profundidades, explorando água do aquífero botucatu para suprir o abastecimento de cidades acima de 100 mil habitantes. Com essa finalidade foram projetados e perfurados 15 poços sendo, atualmente, projetados cerca de 10 poços complementares em outras localidades necessárias.

Paralela e conseqüentemente, aos projetos regionais, o DAEE desenvolveu, também, cerca de 300 avaliações hidrogeológicas detalhadas nos mais diversos municípios do Estado, e promoveu a perfuração da ordem de 350 poços tubulares profundos para comunidades servidas pela SABESP e Prefeituras.

Faz-se necessário ressaltar que, todas as informações dos poços cadastrados e acompanhados pelo DAEE encontram-se arquivados no CIT (Centro de Informações Técnicas) e armazenados no banco de dados do SIDAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) à disposição dos interessados.

Como se sabe, é essencial para a elaboração dos Estudos Regionais de Água Subterrâneas o desenvolvimento de mapeamentos geológicos, que propiciem o conhecimento litológico e estrutural das várias unidades geológicas, visando ao seu enquadramento como sistemas aquíferos de características físicas e geométricas definidas. Para tanto, o DAEE através de convênios com entidades afins, promoveu o mapeamento das várias regiões do Estado, em diversas escalas, conforme Tabela 2 e mapa da figura 1.

Outra contribuição expressiva do DAEE foi o Mapeamento Geológico do Estado de São Paulo, na escala 1:250000, realizado em convênio com a UNESP. Este trabalho teve como base topográfica as folhas do IBGE (1:250000) e foi elaborado em 19 folhas, sendo que atualmente já foram publicadas 10 folhas.

Para a execução deste mapeamento foram utilizados imagens de radar e de satélites LANDSAT, levantamentos fotolitológicos e compilados os mapas existentes em várias escalas com complementação de campo para aferição dos contatos geológicos. Tudo isto foi realizado numa tentativa de ho

mogeneização e padronização da geologia do Estado.

Face à experiência adquirida durante esses anos, o DAEE promoveu vários cursos de treinamento de pessoal e auxiliou, nas pesquisas hidrogeológicas, outras entidades ligadas a prospecção de recursos hídricos, tanto no Estado de São Paulo como em outros estados.

A integração do conjunto de trabalhos, aqui apresentados auxiliarão na confecção da Carta Hidrogeológica do Estado de São Paulo, um plano em andamento.

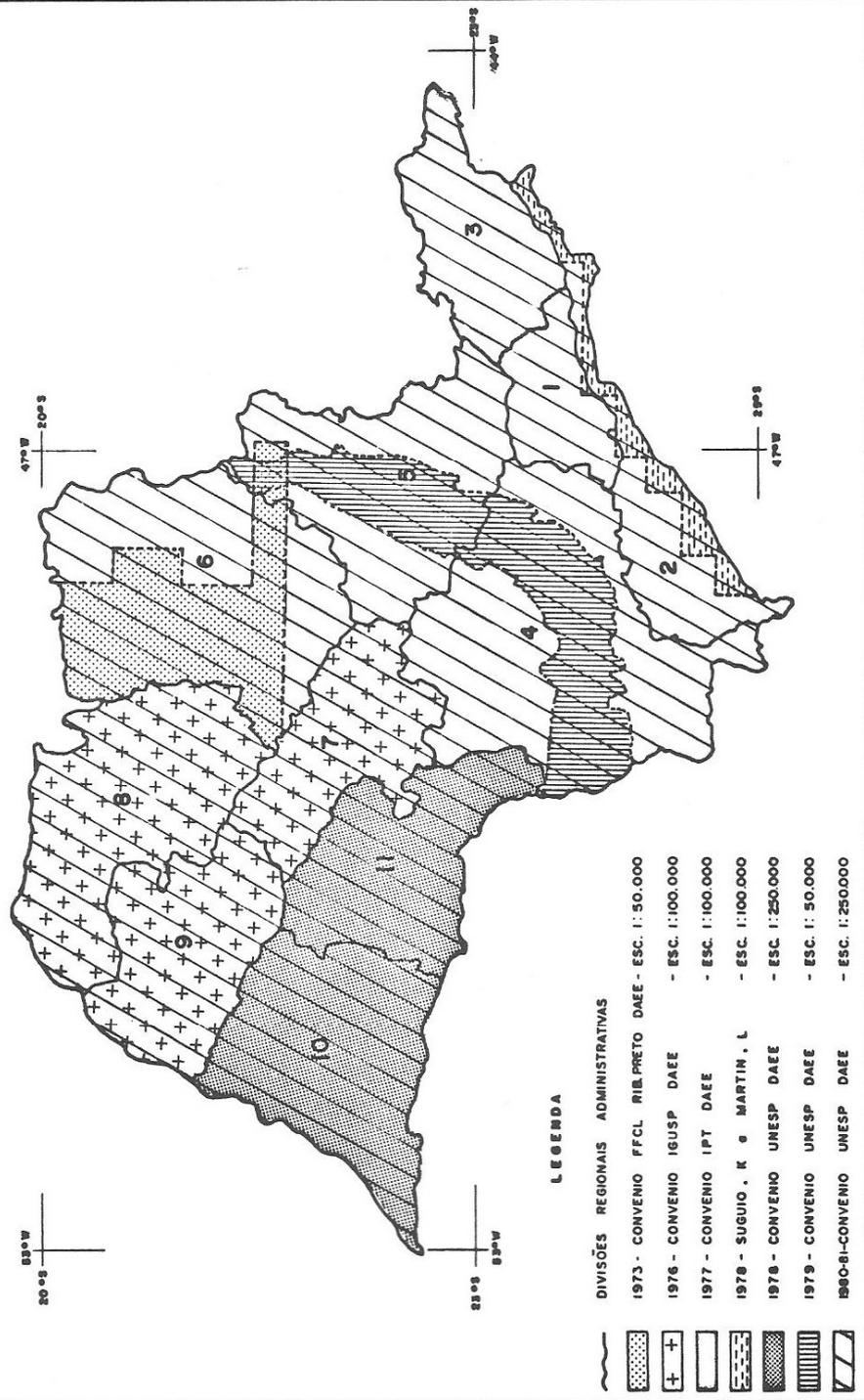
#### BIBLIOGRAFIA

- DAEE - 1972 : Estudo de Águas Subterrâneas - Avaliação Preliminar do Estado de São Paulo. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1974 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 6 - Ribeirão Preto. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1975 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 1 - Grande São Paulo. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1976 : Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 7, 8 e 9 - Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1977 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 3 - São José dos Campos. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1979 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 2 - Santos. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1979 : Estudo de Águas Subterrâneas - Regiões Administrativas 10 e 11, Presidente Prudente e Marília. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1981 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 5 - Campinas. DAEE - São Paulo.
- DAEE - 1982 : Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 4 - Sorocaba. DAEE - São Paulo.

TABELA - I		ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS				SUBTERRÂNEOS			REGIONAIS	
REGIÕES ADMINISTRATIVAS	DATA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	D A D O S				nº sondagens geofísicas	nº análises químicas	Publicação	
			nº poços funcionais	nº poços em funcionamento	nº poços c/tes de bombeamento	nº sondagens geofísicas				
6 - Ribeirão Preto	1974	35000	630	450	40	129	350	4 vol. resumo texto anexos atlas		
1-Grande São Paulo	1975	8000	3000	2130	18	-	100	3 vol. texto anexos atlas		
7 - Bauru								4 vol. resumo texto anexos atlas		
8 - S.J.Rio Preto	1976	62600	1750	1167	60	98	450	4 vol. resumo texto anexos atlas		
9 - Araçatuba								5 vol. resumo plano diretor texto anexos atlas		
3 - Vale do Paraíba ou S.J.dos Campos	1977	15000	392	280	35	46	105	3 vol. texto anexos atlas		
10 - Pres.Prudente	1979	43900	1235	796	44	67	163	3 vol. texto anexos atlas		
11 - Marília								3 vol. texto anexos atlas		
2 - Litoral Paulista e Vale do Ribeira	1979	15500	129	57	6	66	27	3 vol. texto anexos atlas		
5 - Campinas	1981	27000	1918	1313	59	28	125	2 vol. texto mapas		
4 - Sorocaba	1982	40300	910	649	12	11	91	2 vol. texto mapas		
Total			9964	6842	274	445	1411			

TABELA - 2		MAPEAMENTOS		GEOLÓGICOS		PATROCINADOS		PELO		DAEE	
DATA	ÁREA MAPEADA (km <sup>2</sup> )	ESCALA	EXECUÇÃO	OBJETIVOS	OBSERVAÇÕES						
1973	27000	1:50.000	Convênio F.F.C.L. Rib. Preto / DAEE	Estudo de Águas Subterrâneas Região Administrativa (6) - Ribeirão Preto	Publicação pelo DAEE escala 1:250.000						
1976	62600	1:100.000	Convênio IGUSP/DAEE	Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas: 7 - (Bauru) 8 - (S.J.Rio Preto) 9 - (Araçatuba)							
1977	15000	1:100.000	Convênio IPT/DAEE	Estudo de Águas Subterrâneas da Região Administrativa: (3) - Vale do Paraíba							
1978	10000	1:100.000	SUGUIO, K e MARTIN, L.	Estudo de Águas Subterrâneas do Litoral Paulista - Região 2	Publicação pelo DAEE fls.-escala 1:100.000						
1978	43900	1:250.000	Convênio UNESP/DAEE	Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas: 10 - Presidente Prudente 11 - Marília	Publicação pelo DAEE escala 1:500.000						
1978	20000	1:50.000	Convênio UNESP/DAEE	Mapeamento faciológico do Grupo Tubarão. Estudo de Águas Subterrâneas das Regiões Administrativas de: 4 - Sorocaba 5 - Campinas	Foram publicados pelo DAEE escala 1:250.000 os mapas geológicos da região 4 e da 5.						
1980/81	Todo estado de São Paulo ( 19 folhas )	1:250.000	Convênio UNESP/DAEE	Carta Hidrogeológica do Estado de São Paulo	Folhas Publicadas : (1:250.000) Araçatuba, Araraquara, Dracena, Bauru, Campinas, São Paulo, Santos, Guaratinguetã, Marília, Ribeirão Preto						

Figura 1 - MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS  
PATROCINADOS PELO DEPARTAMENTO DE AGUAS E ENERGIA ELETRICA



GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SURVEY DEVELOPED BY DAEE

ABSTRACT

Since 1972, the DAEE is developing Ground Water Regional Studies, to know the water occurrence and its conditions in the aquifers of the Estado de São Paulo.

To get the knowledge and develop better methodology in drilling techniques for exploration of ground water resources in the different aquifer, DAEE drilled about 350 water wells for public water supplies of many cities.

Geological survey and maps was made through agreement with the two State Universities and Research Institutes.

The integrity from twelve years of those studies and research allow the knowledge of the physical and hydraulic characteristics of the aquifers beyond the training and personal improvement.