UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DA
LEGISLAÇÃO PARA USO E PROTEÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS EM MEIO URBANO (MUNICÍPIO
DE SÃO PAULO)

Alberto Pacheco

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. Aldo da C. Rebouças	
Examinadores:	Dr. João A.P. de Mõrais	
	Dr. ^a Mária Szikszay	
	Dr. Kenitiro Suguio	
	Dr. Carlos Celso do Amaral	

São Paulo
1984

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho teve a colobora
ção imprescindível de várias pessoas e entidades às quais dirigi
mos os nossos agradecimentos.

Ao Professor Aldo da Cunha Rebouças pela oportun
idade oferecida, pela orientação, leitura e correção do texto.

Ao Professor Evaristo Ribeiro Filho, Chefe do De
partamento de Geologia Econômica do Instituto de Geociências, pe
las atenções sempre disponíveis.

Ao Professor Kenitiro Suguio pela leitura do Capí
tulo III e sugestões apresentadas.

Ao Professor Uriel Duarte e colega Adelbani Braz
da Silva pelo apoio dado na execução deste trabalho.

Às construtoras de poços, CORNER, T. JANER, AIR-
-LIFT, POLITI, AGUABRÁS e ao Departamento de Águas e Energia Elétr
ica -DAEE- pelas atenções e uso de seus arquivos.

Aos proprietários dos poços pela gentileza como
se prestaram em colaborar na realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa -CNPq- pelo a-
poio financeiro.

Ao Senhor Sérgio Kojima pela elaboração dos de
senhos.

À Senhora Claudete Salinas pela datilografia e ao
Senhor Jaime Alves da Silva e auxiliares pela impressão do trabal
ho.

RESUMO

As águas subterrâneas da Região Metropolitana da Grande São Paulo desempenham um papel extremamente importante como recurso complementar, destacando-se o seu valor sócio-econômico e estratégico.

Na parte central do Município de São Paulo inventariamos 475 poços tubulares distribuídos em três zonas, uma de ocupação predominantemente residencial e comercial, outra de ocupação predominantemente industrial e outra mista.

A qualidade técnica construtiva de 55% dos poços é boa, enquanto 45% apresentam deficiências técnicas que são extremamente graves, mormente quando o maior volume de água extraída se destina ao consumo humano, hospitalar, hoteleiro e indústrias alimentícias.

Dentre as deficiências destacam-se: falta de cimentação; de laje de proteção; de tampa; locação junto a depósitos de sucatas e produtos químicos, cemitérios e postos de serviço, negligência ou ignorância dos riscos de contaminação decorrentes.

É de vital importância que medidas de ordem institucional e técnica sejam urgentemente tomadas, com vista ao uso e preservação da qualidade das águas subterrâneas. Consequentemente, são descritas e analisadas as legislações de alguns países e do Brasil e apresentadas sugestões para uma efetiva proteção das águas subterrâneas no meio urbano.

ABSTRACT

Ground water of the Metropolitan Grande São Paulo Region have an extremely important role as a complementary resource, emphasizing its strategic and economical-social value.

At São Paulo Município central part we have drawn up an inventory of 475 wells, situated in three sectors, one residential and commercial, other industrial and the other mixed.

The constructive technical quality of 55% from wells is good, while 45% presents technical faults which are extremely serious, mainly when the greatest volume of exploited water goes itself to the human consuming, hospital, hotel and nutritive industries.

Among the deficiencies we can detach: lack of cimentation; plate of cimentation; lack of cap; area near the junk yard and chemical products, cemeteries and service station, negligence or ignorance concerning the contamination dangers.

It is essential that technical and institutional rules are urgently taken in order to preserve the ground water quality. Therefore some countries' legislations and also Brasil's have been described and analysed and suggestions have been presented in order to protect the ground water in the urban way.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. ASPECTOS GERAIS	2
2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
3. OBJETIVO E METODOLOGIA	6

CAPÍTULO II

ELEMENTOS FISIOCLIMÁTICOS

1. INTRODUÇÃO	10
2. QUADRO CLIMÁTICO	10
2.1. Parâmetros climáticos	12
2.2. Distribuição e intensidade das chuvas durante o ano	15
3. QUADRO FISIOGRÁFICO	17
3.1. O Tietê na região de São Paulo	19
3.2. Hidrogramas dos rios	20

CAPÍTULO III

QUADRO GEOLÓGICO

1. INTRODUÇÃO	24
2. GEOMORFOLOGIA	25
3. LITOESTRATIGRAFIA	28
4. TECTÔNICA	35

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS DADOS DO INVENTÁRIO

1. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO	37
1.1. Objetivo e Metodologia	37
1.2. Elementos constantes do inventário	39
1.3. Trabalhos executados	40
1.4. Resultados obtidos	40
1.4.1. Total dos poços inventariados e situação atual	41
1.4.2. Tendência anual de construção dos poços	46
1.4.3. Características técnicas dos poços	46
a. Locação	48
b. Métodos de perfuração	49
c. Diâmetro de perfuração	51
d. Revestimento	55
e. Profundidade	63
f. Filtro e pré-filtro	64
1.4.4. Características dos aquíferos	68
a. Aquífero sedimentar	69
b. Aquífero cristalino	71
1.4.5. Vazão de teste dos poços	72
1.4.6. Nível estático e nível dinâmico	74
1.4.7. Regime de exploração	76
1.4.8. Unidade de bombeamento	77
a. Bomba submersa	78
b. Compressor (Ar comprimido)	78
c. Bomba injetora	78
1.4.9. Dados de qualidade da água	80

a. Condutividade elétrica (σ)	83
b. Parâmetros químicos	84
c. Discussão dos dados de qualidade da água	85
d. Classificação química das águas	91
1.4.10. Uso da água subterrânea	92
a. Tipos de tratamento	99
b. Tipos de uso	100

CAPÍTULO V

PROTEÇÃO DE CAPTAÇÕES E AQUÍFEROS

1. INTRODUÇÃO	106
2. NECESSIDADE DA PROTEÇÃO SANITÁRIA	108
3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS PARA UMA BOA PROTEÇÃO SANITÁRIA	109
3.1. Locação	109
3.2. Cimentação	114
3.3. Proteção superior	116
4. POÇOS ABANDONADOS E DESATIVADOS	117
5. MANUTENÇÃO DOS POÇOS	122

CAPÍTULO VI

LEGISLAÇÕES RELATIVAS ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

1. INTRODUÇÃO	126
2. BREVE ANÁLISE HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS	126
2.1. Brasil	126
2.2. Estado de São Paulo	129

3. A LEGISLAÇÃO EM DIFERENTES PAÍSES	130
3.1. Legislação na França	131
3.1.1. Circular de 24 de maio de 1963, relativa ao regulamento sanitário departamental	132
3.1.2. Código de Saúde Pública de 1964	132
3.1.3. Decreto nº 67-1093 de 15 de dezembro de 1967	133
3.1.4. Circular Interministerial de 10 de dezembro de 1968	134
3.1.5. Código Mineiro	136
3.1.6. Código de Urbanismo	136
3.1.7. Circular de 09 de agosto de 1978	136
3.1.8. Outras leis	138
3.1.9. Estrutura de gestão das águas	138
3.2. Legislação na Suíça	139
3.2.1. Estrutura da gestão das águas	140
3.3. Legislação na Inglaterra	140
3.3.1. Estrutura da gestão das águas	141
3.4. Legislação nos Estados Unidos da América do Norte	142
3.4.1. Estrutura da gestão das águas	144
3.5. Conclusões parciais	145
4. A LEGISLAÇÃO NO BRASIL	148
4.1. Código de Águas de 1934	148
4.2. Código Sanitário de 1978	151
4.3. Comentários	152
4.4. Recomendações para uma legislação brasileira de águas subterrâneas	155

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES	159
BIBLIOGRAFIA	164
ANEXO (INVENTÁRIO/MAPAS)	176

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo	4
Figura 2 - Mapa Ilustrativo da Densidade de Poços na Área de Estudo Segundo o Cadastramento do DAEE (1975)	5
Figura 3 - Zonas de Ocupação da Área Central do Município de São Paulo	7
Figura 4 - Médias Anuais da Bacia do Alto Tietê - Isoietas	13
Figura 5 - Dados Pluviométricos do Período 1947-1976	16
Figura 6 - Dados Pluviométricos dos Rios Tietê e Tamandua-teí	21
Figura 7 - Geologia da Área de São Paulo	27
Figura 8 - Situação da Bacia de São Paulo dentro do Arca-bouço Tectônico do Sudeste Brasileiro	29
Figura 9 - Sequência Vertical Integrada de Sedimentos da Formação São Paulo mostrando as Feições Textu-rais, Estruturais e Prováveis Origens	31
Figura 10 - Sequência Vertical Integrada de Sedimentos das Aluviões Antigas e Aluviões Recentes	33
Figura 11 - Diagrama Painel das Estratigrafia da Área Central do Município de São Paulo	ANEXO
Figura 12 - Mapa dos Poços Inventariados na Área Central do Município de São Paulo	ANEXO
Figura 13 - Mapa de Classes dos Poços em Exploração na Área Central do Município de São Paulo	ANEXO

Figura 14 - Tendência Anual de Construção dos Poços na Cidade de São Paulo (1950-1982)	47
Figura 15 - Tipo de Informações Fornecidas pelas Construtoras dos Poços	52
Figura 16 - Perfil Litoestratigráfico N-S	57
Figura 17 - Perfil Litoestratigráfico NE-SW	58
Figura 18 - Perfil Litoestratigráfico W-E	59
Figura 19 - Profundidades Mínimas e Máximas dos Poços	65
Figura 20 - Vazões Mínimas, Médias e Máximas	73
Figura 21 - Dados de Condutividade Elétrica da Água Subterrânea na Área Central do Município de São Paulo	ANEXO
Figura 22 - Mapa de Qualidade da Água Subterrânea na Área Central do Município de São Paulo	ANEXO
Figura 23 - Classificação das Águas no Diagrama de Piper-Concentração dos Ânions	96
Figura 24 - Classificação das Águas no Diagrama de Piper - Concentração dos Cátions	97
Figura 25 - Fontes Potenciais de Poluição na Área Central do Município de São Paulo	ANEXO

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 - Evolução dos Elementos do Clima da Cidade de São Paulo	14
Tabela 2 - Diferença de Pluviosidade na Região de São Paulo	18
Tabela 3 - Situação Atual dos Poços	44
Tabela 4 - Diferentes Métodos de Perfuração	50
Tabela 5 - Número de Diâmetros Utilizados na Perfuração dos Poços	53
Tabela 6 - Diâmetros Utilizados na Perfuração dos Poços	54
Tabela 7 - Número de Revestimentos Utilizados nos Poços	55
Tabela 8 - Dados Referentes à Profundidade do Revestimento dos Poços	56
Tabela 9 - Diâmetros dos Revestimentos dos Poços	61
Tabela 10 - Diâmetros do Revestimento Interno dos Poços	62
Tabela 11 - Diâmetro Útil da Câmara de Bombeamento dos Poços	62
Tabela 12 - Espessura do Revestimento Interno dos Poços	63
Tabela 13 - Classes de Profundidade dos Poços	64
Tabela 14 - Tipos de Filtros e Material de Fabricação	66
Tabela 15 - Profundidades do Nível Estático	74
Tabela 16 - Profundidades do Nível Dinâmico	75

Tabela 17 - Regime de Exploração Diária dos Poços	76
Tabela 18 - Regime de Exploração Mensal dos Poços	77
Tabela 19 - Equipamento dos Poços em Exploração	79
Tabela 20 - Relação Equipamento de Bombeamento/Vazão	79
Tabela 21 - Padrões de Qualidade de Água para Uso Doméstico	86
Tabela 22 - Dados de Qualidade em (mg/l) e (µmhos/cm)	93
Tabela 23 - Dados de Qualidade em meq/l	94
Tabela 24 - Dados de Qualidade em Porcentagem de meq/l	95
Tabela 25 - Volumes de Água Subterrânea Consumidos	102
Tabela 26 - Causas Responsáveis pela Desativação dos Poços	122
Tabela 27 - Tipos de Manutenção dos Poços	124

ÍNDICE DAS FOTOS

- Foto nº 1 - Poço locado em área onde são acumulados lixos, sucatas e embalagens de produtos químicos. 113
- Foto nº 2 - Poço com deficiências técnicas de construção: ausência de cimentação e tampa e insuficiência na laje de proteção. 115
- Foto nº 3 - Poço com deficiências técnicas de construção: sem tampa na abertura do tubo de revestimento interno, cuja saliência não obedece às especificações da ABNT. 118
- Foto nº 4 - Poço com deficiências técnicas de construção: tampa parcialmente deslocada e ausência de saliência segundo as especificações da ABNT. 119
- Foto nº 5 - Poço abandonado sem adequada vedação 121
- Foto nº 6 - (A) Poço desativado em condições inadequadas;
(B) Mancha de óleo ameaçando o poço e aquífero 123

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. ASPECTOS GERAIS

A Região Metropolitana da Grande São Paulo com 12.588.439 habitantes (censo do IBGE, 1980), está centralizada numa pequena Bacia Sedimentar, abrangendo 37 municípios e forman-do o maior centro urbano do país.

Este espaço é caracterizado por uma rede de drenagem comandada pelo rio Tietê em seu alto curso, que se desloca de E para W, recebendo dentro da área urbana da Grande São Paulo, os seus dois principais afluentes, os rios Tamanduateí e Pinheiros, os quais se destacam pela extensão e urbanização de suas bacias.

A exploração das águas subterrâneas na área é tão antiga quanto o próprio povoamento. O desenvolvimento econômico a celerado e simultaneamente, o crescimento populacional, desencadearam uma demanda progressiva de água para consumo doméstico e industrial, quer através de poços rasos, quer através de poços tubulares. Na problemática do abastecimento, a água subterrânea tem um alcance social (30% da população terá que usá-la de forma permanente), econômico (trata-se de um recurso complementar e mais barato na área servida pela rede pública de abastecimento) e es-tratégico, isto é, capaz de atender às necessidades vitais no caso de uma catástrofe nuclear, acidente ou ato de vandalismo que contamine os mananciais de superfície.

Em 1898, DERBY, chamou a atenção sobre a possibilidade de aproveitamento da água subterrânea na região da cidade de São Paulo, assim como indicou as condições geológicas da bacia, baseado em furos e sondagens feitos na rua Florêncio de Abreu (in LEINZ, 1955a). Segundo essa literatura, o aproveitamento da água subterrânea na região da Grande São Paulo por meio de poços profundos, teve início no começo do século. Durante os últimos anos, este recurso começou a ser utilizado como fonte complementar de grande importância no sistema de abastecimento de água na região.

Estão cadastrados no Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) mais de 4.000 poços tubulares. Segundo DELLA TOGNA (1979), existem 7.000 poços espalhados sobre todos os aquíferos de São Paulo, produzindo mais de 500 milhões de m^3 de água por ano.

Assinala-se uma profusa bibliografia tratando dos diferentes aspectos hidrogeológicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, destacando-se: LEINZ (1953, 1955a), DAVINO (1970), CHIOSSI (1970, 1974), SILVA & BAGANO (1972), CHIOSSI & HORTI (1973), DAEE (1975), GIANCURSI & LOPES (1976) e REBOUÇAS (1980) dentre outros.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana da Grande São Paulo (8.050 km^2), uma das 11 regiões administrativas do Estado, localiza-se aproximadamente, entre as coordenadas 45° W e 47° W e 23° S e 24° S (Figura 1) e com uma altitude que varia de 720 a 1.200 m acima do nível do mar.

O Município de São Paulo (1.509 km^2), se divide em 8 distritos e o distrito de São Paulo em 48 subdistritos.

A área de estudo, com cerca de 100 km^2 , situada no Município de São Paulo, compreende 25 dos 48 subdistritos que formam o distrito de São Paulo: BELENZINHO, MOÓCA, ALTO DA MOÓCA, CONSOLAÇÃO, BRÁS, VILA GUILHERME, BELA VISTA, IPIRANGA, SANTA CECÍLIA, PARI, CAMBUCI, SANTANA, CERQUEIRA CÉSAR, BARRA FUNDA, BOM RETIRO, VILA MARIA, SÉ, TUCURUVI, SANTA IFIGÊNIA, TATUAPE, LIBERDADE, ACLIMAÇÃO, CASA VERDE, VILA PRUDENTE, PERDIZES.

Optou-se por aquela área face a sua grande densidade de poços tubulares (Figura 2), os quais são explorados para diversos usos. Ali, o DAEE em 1975, cadastrou 247 poços, enquanto o nosso inventário registrou 475 ou seja, mais 92%.

FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

FIG. 2 - MAPA ILUSTRATIVO DA DENSIDADE DE POÇOS NA ÁREA DE ESTUDO SEGUNDO O CADASTRAMENTO DAEE (1975)

Considerando o tipo de ocupação, divide-se a área em três zonas (Zona I, Zona II e Zona III, Figura 3). A Zona I, com ocupação predominantemente residencial e comercial, estende-se da Avenida Paulista até ao subdistrito de Santana, entre a Avenida Pacaembu e o rio Tamanduateí e ao longo da Avenida Paes de Barros; a Zona II, com ocupação predominantemente industrial, está localizada na margem direita dos rios Tamanduateí e Tietê; a Zona III, com ocupação mista, estende-se pelos subdistritos de Santa Ifigênia, Cambuci, Ipiranga, Vila Prudente, Alto da Moóca, Moóca, Brás, Pari, Belenzinho, Tatuapé, Vila Guilherme e Vila Maria.

3. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo do presente estudo é, por um lado, analisar a situação atual da exploração e uso das águas subterrâneas num contexto urbano-industrial e, por outro lado, fornecer subsídios para a definição de uma política de preservação da qualidade destes recursos hídricos, os quais constituem uma fonte complementar e estratégica de grande importância.

Este objetivo insere-se nas preocupações do Programa Hidrológico Internacional desenvolvido pela United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO) desde 1976, referente a avaliação da influência das atividades do homem no Ciclo Hidrológico.

No Brasil não existem programas de proteção das águas subterrâneas. Verificam-se depredações destes recursos e não são tomadas medidas de prevenção e preservação ante a instalação de atividades de desenvolvimento econômico.

O Município de São Paulo, em particular e a Região da Grande São Paulo, em geral, mostram uma realidade altamente preocupante no que concerne, por um lado, a exploração desenfreada das águas subterrâneas e, por outro lado, à negligência na proteção das captações e aquíferos. Esta situação exige das auto-

FIG. 3 - ZONAS DE OCUPAÇÃO DA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

ridades medidas enérgicas através de legislação adequada, de modo a regulamentar a pesquisa, a exploração e proteção dos recursos hídricos subterrâneos em todo o país. Só assim, será possível colocar o interesse público acima dos interesses pessoais ou de grupos, de modo a defender os legítimos direitos dos cidadãos de viver em condições de bem estar social compatíveis com a dignidade do ser humano.

Decidiu-se, numa primeira fase, pela elaboração de um inventário hidrogeológico básico, que dá de imediato um conhecimento geral da realidade hidrogeológica da área.

Foram visitados, amostrados e analisados os dados técnicos sobre as suas características construtivas, o regime de exploração e uso das águas subterrâneas, as condições de proteção das captações e aquíferos, bem como as condições de abandono e desativação das obras. Simultaneamente, fizeram-se fotos de alguns poços para ilustrar os aspectos de construção e uso que podem afetar o poço e aquífero.

Como a legislação é uma ferramenta imprescindível para uma correta proteção das águas, é descrita e analisada a situação em alguns países e no Brasil.

C A P Í T U L O I I
ELEMENTOS FISIOClimáticos

1. INTRODUÇÃO

As condições hidrogeológicas de uma região são determinadas, principalmente, por fatores de ordem climática e geológica.

A geologia indica, em geral, a importância e distribuição das estruturas armazenadoras de água subterrânea, enquanto o clima fixa a abundância e a variabilidade da sua realimentação no tempo e no espaço.

A combinação destes dois elementos, dá lugar, na área, de uma maneira global, a condições hidrogeológicas favoráveis.

Os fenômenos de urbanização e industrialização através do crescimento, atividade e distribuição, também constituem dados básicos de grande importância para a compreensão do panorama hidrológico da Bacia Sedimentar de São Paulo.

Faremos uma análise dos aspectos fisioclimáticos, com a finalidade de proporcionar uma visão dos principais fatores, que determinam as condições hidrogeológicas da área considerada.

2. QUADRO CLIMÁTICO

A Região Metropolitana de São Paulo estende-se por uma área de relevo suave, rodeada por um anfiteatro de elevações representadas a N pelas serras da Cantareira, a E, de Itapi, a S, do Mar, a W/SW pelos maciços de Itapequerica-São Paulo.

Localizada em um planalto, na latitude do Trópico de Capricórnio, a cidade de São Paulo possui um clima tropical modificado pela altitude, com características locais acentuadas,

que se devem, principalmente, à topografia da região do Alto Tietê e à sua relativa proximidade do mar (FRANÇA, 1958).

As observações de caráter científico sobre o clima paulistano datam de 1886, graças a uma estação instalada na rua da Consolação, na residência do naturalista Dr. ALBERT LOFGREEN, o qual, juntamente com o Dr. ORVILLE DERBY, foram os primeiros a se preocuparem com o estudo sistemático do clima entre os brasileiros. Essa estação pioneira foi transferida em 1888 para o então Jardim Botânico (hoje Jardim da Luz), ano em que também foi instalada a estação meteorológica da Praça da República, junto à Escola Normal (in CONTI, 1979).

Presentemente, as duas principais entidades que realizam observações meteorológicas sistemáticas na área da Grande São Paulo, são o Instituto Astronômico e Geofísico, cuja série teve início em 1933 e o 7º Distrito de Meteorologia do Serviço Nacional de Meteorologia, através da estação instalada no Mirante de Santana, oferecendo dados a partir de 1943.

MATTOS (1918 e 1925) e SETZER (1946), ao estudarem os climas do Estado de São Paulo, consideraram mais atentamente, a região da Capital. O primeiro, apesar da análise dos resultados colhidos pelo antigo Observatório na Avenida Paulista (até 1923) e pelo posto da Praça da República, não chegou a distinguir um tipo climático particular na região, considerou-a integrada no chamado "clima de planalto". Contudo, o trabalho de BELFORT DE MATTOS constitui a primeira tentativa séria referente ao estudo do clima de São Paulo. Em época mais recente e dispondo de maior número de dados, SETZER, dedicou especial atenção à região paulistana, tendo sido o primeiro a considerá-la como unidade climática à parte.

Dois trabalhos de JUNOT (1942, 1943), ao lado de diversas publicações de caráter meteorológico, constituem fontes primárias indispensáveis para documentação sobre o quadro climático da cidade de São Paulo.

O clima da Região Paulistana pode ser definido como subtropical úmido com verão moderado. O crescimento urbano e industrial vem determinando importantes mudanças climáticas na Capital, sendo responsável pela desorganização dos sistemas naturais. Com efeito, a cobertura vegetal foi removida, o solo foi coberto pela estrutura urbana, impedindo a infiltração da água da chuva e a evaporação da água do solo. O escoamento superficial foi certamente alterado e o comportamento atmosférico foi modificado.

Como as chuvas são a principal fonte de recarga dos aquíferos, faremos uma análise da precipitação média anual e uma breve referência a outros parâmetros do clima de São Paulo.

2.1. Parâmetros climáticos

O conhecimento da ocorrência e do desenvolvimento dos fenômenos pluviométricos é de vital importância nos estudos hidrogeológicos. No caso particular de centros urbanos, estas informações assumem importância transcendente em virtude do grande número de obras que afetam as condições climáticas e conseqüentemente, a longevidade dos aquíferos.

O mapa de isoietas (Figura 4) mostra que a pluviosidade média anual (1975) na Bacia do Alto Tietê varia de 3.500 a 1.200 mm. Na região do Município de São Paulo, a média anual é de 1.300 mm.

Observa-se, no plano geral, um aumento da pluviosidade na direção S e um efeito de altitude, que se manifesta no alto curso do rio Tietê, onde os valores médios anuais são superiores a 1.300 mm.

O exame das séries dos totais de chuva revela uma elevação média em São Paulo. As mais antigas normais pluviométricas, ou seja, série de 30 anos consecutivos, são as correspondentes ao período de 1889-1918 dos antigos postos pluviométricos.

tricos da Estação da Luz e da Escola Normal, respectivamente , 1.302 e 1.336 mm (in CONTI, 1979).

Normais calculadas com os dados do Instituto Astronômico e Geofísico referentes à série 1947-1976, indicaram 1.368 mm, porém, as informações dos postos pluviométricos do Mirante de Santana e da Estação da Luz, para o mesmo período, revelaram, que a média pluviométrica foi respectivamente, de 1.422 e 1.391 mm. Portanto, há um acréscimo de 7% em relação ao valor da Estação da Luz de 58 anos atrás.

A evolução da pluviosidade média e de outros parâmetros climáticos da cidade de São Paulo pode ser verificada na Tabela 1.

Tab.1 - Evolução dos Elementos do Clima da Cidade de São Paulo

Elementos Décadas	Pluviosidade média (mm)	Temp.média (em O.C.)	Nevoeiro (nº de dias)	Névoa Seca (nº de dias)	Nebul.Média (décimos)	Evap. média (mm)
1947-1956	1.399	17,6	1.021	397	6,9	1.833
1957-1966	1.408	18,7	1.423	530	7,2	944
1967-1976	1.459	19,0	1.401	1.325	7,0	921

Fonte: 7º Distrito de Meteorologia (Posto do Mirante de Santana)

Cotejando as informações, constata-se o aumento progressivo da pluviosidade média de 1.399 mm no decênio 1947-1956, para 1.459 mm no decênio 1967-1976, o que dá um aumento de 4%; da temperatura média de 17,6°C no decênio 1947-1956, para 19,0°C no decênio 1967-1976, o que corresponde a um aumento de 8%

Os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março são os mais quentes, registrando-se as médias mínimas em Julho. As temperaturas máximas avizinham-se de 25°, em média, sendo superiores a 27° na média do Verão e menores do que 23° na do Inverno.

FIG. 4 - MÉDIAS ANUAIS DA BACIA DO ALTO TIETÊ - ISOIETAS
FONTE: DAEE - 1975

Os valores térmicos são tão instáveis no Inverno, que levaram JUNOT (1942), a identificar o clima paulistano como "marítimo perturbado nos meses frios".

Além das manifestações atmosféricas já examinadas, assumem papel de importância na climatologia paulistana, alguns elementos secundários: o nevoeiro, a névoa seca e a nebulosidade.

A evaporação, fenômeno físico muito importante no ciclo hidrológico, determina a transformação da água em vapor. A análise da Tabela 1 permite constatar uma diminuição na evaporação média de 1.883 mm na década 1947-1956, para 921 mm na década 1967-1976, dando uma diminuição de 51%.

Seria interessante o confronto de dados de evaporação do Mirante de Santana e da Cidade Universitária, em posições opostas. Isto não é possível, visto o Centro Tecnológico de Hidráulica que opera este posto apenas dispor de dados a partir de 1973, o que impede estabelecer períodos históricos de 10 anos como os constantes da Tabela 1.

Como o potencial hídrico subterrâneo e superficial da área é influenciado por todos esses elementos, torna-se necessário que os mesmos sejam convenientemente coletados, tratados e arquivados.

2.2. Distribuição e Intensidade das Chuvas Durante o Ano

Com os dados da série 1947-1976, foram elaborados três pluviogramas (Figura 5) que mostram a distribuição das chuvas durante este período nos postos pluviométricos do Instituto Astronômico e Geofísico (Bairro da Água Funda), Estação da Luz (Bairro da Luz) e Mirante de Santana (Bairro de Santana), localizados no Município de São Paulo. Verifica-se haver uma alternância de valores pluviométricos nos três postos ao longo do período indicado. As duas maiores precipitações foram registradas

FIG.5 - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO PERÍODO 1947-1976
(Fonte: Instituto Astronômico e Geofísico; 7º Distrito de Meteorologia; Centro Tecnológico de Hidráulica).

no posto de Mirante de Santana em 1947 (2,092,2 mm) e em 1976 (2.122,8 mm), situado na zona norte da cidade, em plena área construída e não no Instituto Astronômico e Geofísico, localizado na zona sul, no centro de uma reserva florestal de 527 hectares.

O ano mais chuvoso foi o de 1976, com uma precipitação média de 2.024,2 mm e o menos chuvoso o de 1963, com uma média de 890,8 mm. Durante aquele ano foram registrados treze episódios de inundações na capital paulista (PASCHOAL, 1981).

O ano hidrológico na área de estudo vai de 01 de setembro a 31 de agosto.

Em São Paulo, o período mais chuvoso é o que vai de novembro a março (primavera-verão). Neste período, as chuvas mais intensas produzem-se durante as tardes, após forte aquecimento da superfície, que ocasiona situação favorável a formação de trovoadas. A produção pluvial de três meses de verão (21 de dezembro a 20 de março) é superior a mais de metade do total anual (Tabela 2).

Nos dias de forte calor, a região de São Paulo se divide em núcleos instáveis de temperaturas elevadas, que dão lugar a perturbações locais, em áreas limitadas. Como consequência, em dado instante do dia, passa a existir grande diferença de pluviosidade entre os pontos da região, com pancadas fortes por pequenas áreas. As diferenças anotadas nos postos são sensíveis, como refletem os totais dos pontos operados pelo Centro Tecnológico de Hidráulica e constantes da Tabela 2.

3. QUADRO FISIAGRÁFICO

As características fisiográficas com maior interesse na ocorrência das águas são: a vegetação, o solo, a topografia, a hidrografia e geologia.

Tab. 2 - Diferença de Pluviosidade na Região de São Paulo

Postos	Total Anual (mm)	Total de Verão (mm)	%
Santana	1.364,6	772,4	60
Luz	1.340,2	823,4	61
Ponte Pequena	1.389,8	792,2	57
Moóca	1.332,4	770,3	60

Fonte: Centro Tecnológico de Hidráulica, 1980/81

A qualidade da cobertura vegetal é de grande importância na hidrogeologia e processos hídricos de superfície. Na realidade, cobertura vegetal e solo constituem os primeiros obstáculos encontrados pelas águas meteóricas no seu caminho até os aquíferos. No domínio da Bacia Sedimentar de São Paulo, a floresta subtropical de outrora, foi substituída pelo desenvolvimento urbano, enquanto os solos são muito pobres devido à lixiviação e apresentam elevado teor de acidez. Na cidade de São Paulo predominam os solos associados às rochas cristalinas do Planalto Paulistano (solos de gnaisses e granitos) e às rochas sedimentares da Bacia Sedimentar de São Paulo (solos gerados por argilas arenosas terciárias e solos de várzeas). Estes solos apresentam uma coloração cinza, amarela, vermelha e escura.

A análise do quadro morfológico mostra a presença do rio Tietê e seus principais afluentes, Tamanduateí e Pinheiros e um contraste entre a margem esquerda do vale, onde se escalonam baixos níveis terraceados e a margem direita do Tietê, constituída por uma série de pequenos outeiros e flancos de altas colinas.

A influência do relevo é muito importante na caracterização das condições de exploração dos aquíferos através

de poços. Efetivamente, os níveis de água dos aquíferos sedimentares tornam-se profundos (mais de 100 metros) no domínio das elevações, e sub-aflorantes nas zonas deprimidas do relevo (menos de 10 metros). Poços rasos abertos nas várzeas do Tietê revelam um nível hidrostático entre 1 a 2 m de profundidade. Trata-se de uma água turva, não potável, sendo apenas utilizada no regadio de pequenas hortas.

3.1. O Tietê na Região de São Paulo

O rio Tietê, que em língua indígena significa caudal volumoso, nasce em plena região cristalina, nos contrafortes da Serra do Mar, atravessa o Estado de São Paulo, fluindo de SW para NW em uma extensão de 1.050 km, até encontrar as águas do rio Paraná, já na fronteira com o Estado de Mato Grosso.

De seu curso, só nos interessa o Alto Tietê, que corresponde a uma parcela reduzida daquele total, mas de importância notável por ser o rio da metrópole paulista.

O rio Tietê, após vencer o trecho serrano oriental do Planalto Paulistano, com seus terrenos cristalinos, penetra na Bacia Sedimentar onde forma uma larga e extensa planície aluvial. Seu vale está limitado ao norte pela Serra da Cantareira e seus contrafortes e ao sul pelas colinas sedimentares sobre as quais assenta parte da capital paulista.

Do ponto de vista geológico, a bacia do Tietê é na sua grande parte constituída de rochas cristalinas impermeáveis ou semipermeáveis, enquanto que ao longo de seu leito, se encontram camadas de aluvião areno-argiloso.

A rede de drenagem do rio Tietê é do tipo dendrítico na Bacia Sedimentar. Enquanto os afluentes da margem esquerda são de grande extensão (Tamanduateí e Pinheiros), os afluentes da margem direita são pequenos.

Na região de São Paulo, as características do relevo fazem com que grande parte da bacia do Alto Tietê seja drenada pelos afluentes da margem esquerda. Com efeito, nada menos de 3.237 km², ou seja, 81,3%, correspondem a essa porção da bacia, enquanto 18,7%, ou seja, uma área de apenas 743,65 km² é drenada pelos afluentes da margem direita (SANTOS, 1958).

Na região de São Paulo, os principais afluentes estão representados pelos rios Tamanduateí e Pinheiros, cujas bacias representam, respectivamente, 11,4% e 45,6% da área total.

O rio Tietê é um coletor dos despejos industriais e residenciais, os quais afetam os aspectos qualitativos de suas águas. Do ponto de vista hidrológico, seu regime foi alterado pelo homem. Assim é que, em uma grande extensão, tem a sua corrente invertida, isto é, desde a cidade de Parnaíba, a jusante de São Paulo, até a confluência com o rio Pinheiros, ele corre para cima. O próprio Pinheiros também flui ao contrário, conduzindo as águas do Tietê até a barragem de Pedreira, onde é recalcado para a represa Billings, o grande lago artificial de São Paulo. Como consequência desta interferência humana, é extremamente difícil uma análise cuidadosa, indispensável na avaliação das características hidrológicas dos aquíferos alimentadores dos escoamentos básicos dos rios.

3.2. Hidrogramas dos Rios

Os estudos relativos à fuvimetria na bacia do Tietê, tem-se orientado principalmente, para projetos hidráulicos e estudos de cheias. Os dados mais comuns dizem respeito às vazões e cotas médias diárias, difíceis de registro face às retificações do rio e principais afluentes.

O Tietê e seus afluentes são rios perenes tendo os seus deflúvios aumentados nos meses chuvosos. Com efeito, os hidrogramas da Figura 6 e elaborados com dados fornecidos pelo Centro Tecnológico de Hidráulica, mostram as características dos

FIG. 6 - DADOS FLUVIOMÉTRICOS DOS RIOS TIETÊ E TAMANDUATEÍ (Fonte: Centro Tecnológico de Hidráulica)

rios Tietê e Tamanduateí na área de estudo. Verifica-se que o período de altas águas estende-se de Novembro a Fevereiro.

Na cidade de São Paulo, as vazões daqueles rios são também devidas às águas pluviais da própria cidade, face à impossibilidade das mesmas se infiltrarem como consequência do desenvolvimento urbano.

C A P Í T U L O I I I

QUADRO GEOLÓGICO

1. INTRODUÇÃO

Dentre os requisitos necessários à utilização efetiva e preservação das águas subterrâneas, o bom conhecimento da geologia é extremamente importante.

Assinale-se, que uma extensa bibliografia tem tratado dos diferentes aspectos geológicos da Bacia Sedimentar de São Paulo e arredores.

O primeiro pesquisador a referir-se às camadas de São Paulo de forma sucinta, foi J. MAWE em 1812. No entanto, os primeiros trabalhos geológicos são atribuídos a FRANCISCO DE ANDRADA e seu irmão J.B. ANDRADA E SILVA (1803-1805), somente publicados em 1864 (in LEINZ, 1980). Assim, a descoberta da Bacia Sedimentar de São Paulo é atribuída a PISSIS em 1842 (in AB' SABER, 1957), que foi também o primeiro a reconhecer a sua origem continental, bem como o autor da idade pliocênica admitida para os sedimentos mais antigos que preencheram a bacia. Posteriormente, o intensivo crescimento urbano e industrial passou a exigir melhor conhecimento geológico da região. Esses conhecimentos, em grande parte aplicados às obras de engenharia e ao aproveitamento da água subterrânea, compõem hoje um volume considerável.

Alguns dos trabalhos mais importantes são os de MORAES REGO (1933, 1935), MORAES REGO & SOUZA SANTOS (1938), MENDES (1950), FREITAS (1951), VARGAS (1954), ALMEIDA (1955, 1958 e 1964), LEINZ (1955b), LEINZ & CARVALHO (1955, 1957), AB' SABER (1957), WERNICK (1966), SUGUIO & TAKAHASHI (1970), SUGUIO (1971), SUGUIO et alii (1971), SUGUIO et alii (1972), COZZOLINO (1973, 1974) e HASUI et alii (1976). Com caráter mais recente, temos a referir a Carta Tectônica de COUTINHO (1980), na qual se estabelecem relações litológicas e estruturais da Bacia de São Paulo com o pré-cambriano circunvizinho, e as pesquisas sobre os aspectos geológicos e geotécnicos da referida bacia.

A Mesa Redonda sobre - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEO-

TÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO - promovida pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Sociedade Brasileira de Geologia (Núcleo São Paulo), de 19 a 21 de Maio de 1980 na capital paulista, permitiu uma revisão dos conhecimentos e simultaneamente, constituiu um incentivo para novas pesquisas científicas.

Conquanto a Bacia Sedimentar de São Paulo ocupe uma área de extensão reduzida, o fato de constituir o local da cidade de São Paulo e de várias cidades periféricas foi, com certeza, a razão pela qual diversos pesquisadores se interessaram pelo seu estudo no campo da geomorfologia, sedimentologia, tectônica, geotecnia e recursos hídricos.

No texto considerar-se-ão os aspectos geomorfológicos, litoestratigráficos e estruturais, importantes no equacionamento das condições de exploração e proteção dos aquíferos.

2. GEOMORFOLOGIA

A Bacia Sedimentar de São Paulo, local que é da mais densa ocupação urbana do País, tem merecido investigações em várias frentes, com o fim de esclarecer sua origem e evolução, quer em superfície, mediante execução de mapeamento e análises de sedimentos e da geomorfologia, quer em subsuperfície, através de perfurações, escavações e geofísica. Embora persistam algumas discordâncias, já existe esboçado um quadro geral da configuração areal, das características do enchimento sedimentar, da geometria da depressão, dos condicionantes geológico-estruturais e da evolução.

A Bacia de São Paulo, situa-se na unidade geomorfológica conhecida no Estado de São Paulo como Planalto Atlântico.

Segundo HASUI & CARNEIRO (1980), a bacia tem

forma irregular, aproximadamente elíptica, de 60 x 30 quilômetros (eixo maior Jaceguava-Guarulhos, eixo menor Mauá-Lapa), com uma ramificação da Lapa para Barueri e outra de Itaquaquetuba para Poá e Mogi das Cruzes, ambas acompanhando o vale do rio Tietê. A essa configuração se ajusta a rede de drenagem atual de São Paulo e adjacências, refletindo um forte controle litológico e estrutural (Figura 7), de modo que há predominância de direções NE, NW, N-S e E-W. A forma da bacia não é só devida à distribuição de blocos de falha, mas também à configuração do paleorelevo plioceno-pleistocênico.

Outro aspecto importante da geologia da região paulistana que pode ser verificada através da Figura 7, é a quantidade de rochas granitoides a W do meridiano $48^{\circ} 30'$. Os corpos da Cantareira, Itaqui, Cotia, Itapequerica, Três Lagos e Guacuri aí se localizam.

O relevo topográfico dentro da Bacia de São Paulo é caracterizado por uma sucessão de colinas suaves e espigões com altitude média à volta de 760 m; o ponto mais baixo da bacia se encontra na confluência dos rios Tietê e Pinheiros, cota 718 m. Os terrenos cristalinos situam-se mais altos que os terrenos sedimentares. Esta configuração tem grande importância na análise dos impactos da urbanização e industrialização no setor da bacia, pois para aí convergem as águas que se escoam pela rede de drenagem superficial e subterrânea da área circunvizinha.

AB'SABER (1957), foi um dos primeiros que abordou a geomorfologia daquela área, tentando encontrar explicações para a gênese do relevo. Este autor, admite que o aparecimento da Superfície de São Paulo teria ocorrido no Plio-Pleistoceno e portanto, após as fases de reativação tectônica terciária que possibilitaram o desenvolvimento das camadas da Formação São Paulo. A partir daquele período, após o final da sedimentação da Formação São Paulo e do aplanamento que levou ao aparecimento da superfície citada, passou a predominar a erosão da bacia. Segundo AB'SABER (1957), isto é atestado pelos diversos níveis e depó

Fig.7 -GEOLOGIA DA ÁREA DE SÃO PAULO.
(compilado de Hasui et Alli, 1976).

sitos de terraços aí existentes.

O panorama geomorfológico da região de São Paulo é portanto, uma resultante do processo erosivo e acumulativo que teve lugar sobre o quadro geológico, formado por rochas cristalinas e sedimentares.

3. LITOESTRATIGRAFIA

Em linhas gerais, a região é representada por rochas cristalinas, metamórficas e rochas sedimentares do cenozóico (Terciário e Quaternário).

Estudos recentes situam a Bacia de São Paulo no contexto do arcabouço tectônico cenozóico do Sudeste brasileiro (ALMEIDA, 1976 e ASMUS & FERRARI, 1978) (Figura 8).

O relevo do fundo da bacia é conhecido graças ao trabalho de LEINZ & CARVALHO (1955) e dados adicionais de KOLLERT & DAVINO (1963) e COZZOLINO (1973). Com efeito, considerações sobre a topografia do embasamento do cristalino, pretérita à sedimentação, foram feitas por LEINZ & CARVALHO (1957), a partir de 200 sondagens fornecidas pela construtoras de poços, o que tornou possível traçar o relevo do embasamento, que se encontra atualmente encoberto em grande parte pelos sedimentos terciários da Formação São Paulo e por sedimentos aluviais mais recentes.

As camadas da Bacia de São Paulo se depositaram em ambiente flúvio lacustrino e repousam sobre o embasamento do complexo cristalino. No âmbito da Grande São Paulo, a litologia característica do complexo é a associação de rochas gnaíssicas, graníticas e xistosas do pré-cambriano, ocorrendo na área de trabalho, fundamentalmente, os gnaisses e granitos.

Os termos litológicos constituintes da Formação

Fig.8 - SITUAÇÃO DA BACIA DE SÃO PAULO DENTRO DO ARCABOUÇO TECTÔNICO DO SUDESTE BRASILEIRO.

(Baseado em Almeida, 1976 e Asmus e Ferrari, 1978).

São Paulo foram estudados, principalmente, por LEINZ & CARVALHO (1957), WERNICK (1966), COZZOLINO (1973, 1974) e SUGUIO et alii. (1972), entre outros. Os autores citados são unânimes em admitir a predominância de argilas, siltes e areias argilosas finas, sendo raras as ocorrências de areias grossas e cascalhos finos (Figura 9).

Os sedimentos da Formação São Paulo são muito pobres em estruturas sedimentares primárias, devido ao fato de não ter havido um avançado fracionamento granulométrico. Apesar disso, além de incipiente estratificação plano-paralela horizontal, foram encontradas estratificações (graded bedding), pelas de argilas, diques clásticos e raras estratificações cruzadas (SUGUIO et alii, 1971). As estruturas sedimentares secundárias mais proeminentes são as crostas limoníticas descritas por WASHBURN (1930), MORAES REGO (1932), LEINZ & CARVALHO (1957) e SUGUIO & BARBOUR (1969), além de estruturas tectônicas representadas por pequenas falhas (SUGUIO et alii., 1971).

Segundo SUGUIO (1971), esses sedimentos são afossílicos e não foram encontrados até ao presente momento materiais datáveis por métodos geocronológicos absolutos, de modo que sua idade tem sido apenas inferida através de correlações com outras formações cenozóicas, porém de idade igualmente duvidosa.

É de se estranhar, que uma sedimentação essencialmente pelítica (siltico argilosa), que teve lugar em ambiente fluvial de canais e planícies alagadiças, decorrente de condições de difícil escoamento (ALMEIDA, 1955; HASUI et alii., 1976 e outros), seja tão pobre em sedimentos orgânicos. Apenas raros fragmentos de linhito foram encontrados em perfurações para água subterrânea. Segundo SUGUIO (1971), talvez a explicação para esta pobreza de matéria orgânica esteja relacionada com a vegetação escassa, refletindo um clima semi-árido durante a sedimentação da Formação São Paulo.

Os sedimentos da Formação São Paulo que repousam

Fig. 9 - SEQUÊNCIA VERTICAL INTEGRADA DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO SÃO PAULO MOSTRANDO AS FEIÇÕES TEXTURAIS, ESTRUTURAIS E PROVÁVEIS ORIGENS (Suguio, 1980)

sobre o embasamento cristalino, são encimados pelos aluviões quaternários, subdivididos por SUGUIO & TAKAHASHI (1970), em aluviões antigos e aluviões recentes (Figura 10). Esses sedimentos distribuem-se ao longo dos vales dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, sendo palco de frequentes inundações durante os períodos chuvosos mais intensos.

A partir dos perfis de sondagens elaborados pelas construtoras de poços, elaboramos um painel estratigráfico da área central do Município de São Paulo (Figura 11 - Anexo). Não estão representadas as profundidades totais dos poços, mas somente a espessura total dos sedimentos atravessados. O objetivo deste painel é tentar dar uma visão no espaço do possível espessamento dos sedimentos, da possível correlação entre os níveis estratigráficos e da configuração geométrica do aquífero. A sequência dos níveis foi estabelecida com base na descrição litológica que acompanha os perfis dos poços. A falta de rigor na caracterização granulométrica das areias e argilas, levou-nos a representar no painel em diagrama apenas as principais camadas sedimentares da Bacia de São Paulo, a argila e a areia. Com efeito, a descrição das camadas atravessadas não vai na maioria das vezes além da argila, areia ou argila arenosa.

Embora seja marcante a forma lenticular das camadas sedimentares, evidente no painel, admitimos a presença de níveis arenosos de espessamento quase uniforme, como aqueles que ocorrem nos níveis superiores dos poços 54 e 57. Estes níveis que se comportam como aquíferos podem constituir um parâmetro de apoio a não lenticularidade das areias em determinadas porções da bacia. É admissível esta configuração, se considerarmos que a referida lenticularidade é mais evidente na bordadura da bacia.

O painel mostra que a espessura do pacote sedimentar cresce de N para S (182 m no poço 356) e W para E (154 m no poço 57). Esta espessura é variável, visto a Formação São Paulo estar em vias de erosão e o embasamento ser muito acidentado. COZ ZOLINO (1973), considerando os pontos mais alto e mais baixo da formação, a 831 m no Sumaré e 541 m na Moóca, deduziu 290 m para

Fig.10 - SEQUÊNCIA VERTICAL INTEGRADA DE SEDIMENTOS DAS ALUVIÕES ANTIGAS E ALUVIÕES RECENTES.
(Suguio, 1980)

a espessura máxima. Em sondagens os valores variam de 0 a 202 m, este último na Mõoca.

Segundo a seção estratigráfica, os níveis argilosos podem atingir espessuras superiores a 100 m, constituindo as argilas isentas de areias bons obstáculos à contaminação dos aquíferos. As camadas arenosas atingem espessuras da ordem dos 60 m. As areias constituem o aquífero mais explorado na Bacia Sedimentar de São Paulo, dada a ausência de cimento consolidador.

Quanto à coloração dos sedimentos, através de 6 sondagens que tivemos oportunidade de acompanhar, constatamos, que a cor vermelha ocorre sobretudo nas zonas superiores, enquanto as cores cinza e amarela não apresentam qualquer preferencial em profundidade. LEINZ & CARVALHO (1957), comparando o perfil de 41 sondagens em que apareciam tais argilas, observaram que a argila de cor vermelha localizou-se sempre nos níveis superiores da sondagem, no máximo até 14 m de profundidade, enquanto que a cinza apresentou uma distribuição mais ampla, sendo encontrada desde a superfície até 70 m de profundidade.

Ainda, segundo aqueles autores, a coloração vermelha das argilas é secundária, depende da migração dos óxidos de ferro na zona de variação do nível estático e que a coloração primária dos sedimentos é cinza e cinza amarelo.

Quisemos através da observação de escavações para a construção civil, localizar a estratificação dos sedimentos. Tal tarefa pareceu-nos difícil.

A sequência de depósitos sedimentares da Bacia de São Paulo tem dado lugar a discussões por parte dos especialistas. Algumas propostas foram feitas para a definição de uma coluna estratigráfica, como aquelas que têm por base todo o reconhecimento geológico obtido ao longo das linhas N-S e E-W do Metrô. Parece-nos, com base nos perfis traçados a partir dos dados de poços, que aquela coluna tem apenas um significado restrito, isto é, tanto no sentido vertical como horizontal. Ela representa uma

estratigrafia localizada, que não deve ser generalizada se considerarmos as variações faciológicas laterais, que são típicas neste tipo de bacias de origem continental.

4. TECTÔNICA

A Bacia de São Paulo, é uma das bacias tafrogênicas do Sudeste brasileiro, desenvolvida no cenozóico, como culminância de um soerguimento regional iniciado no jurássico superior (ALMEIDA, 1976). Comporta-se, portanto, como um compartimento de Planalto mais rebaixado em relação ao conjunto, circundado por um relevo modelado em rochas mais antigas de natureza granítica, gnaissica ou xistosa, de onde sobressaem alguns pontos dominantes, que emolduram a região urbana de São Paulo.

À zona da bacia vêm ter as falhas de Taxaquara, Caucaia, Jaguari, Baquira e Alto da Fartura, cuja reativação é responsável pela configuração atual da mesma.

Na Serra da Cantareira foram encontradas evidências diretas de reativação de falhas antigas, representadas por estrias verticais de atrito (ALMEIDA, 1955) e falhas de pequeno rejeito (menos de 1 m). Foram também observadas em aluviões antigos (pleistocênicos) do rio Tietê em Itaquaquetuba (SUGUIO & TAKAHASHI, 1970). Essas duas observações sugerem tectonismo atuante após a sedimentação terciária e mesmo pleistocênica.

C A P Í T U L O I V

ANÁLISE DOS DADOS DO INVENTÁRIO

1. INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO

Impusemo-nos a tarefa da elaboração de um inventário hidrogeológico básico para conhecimento do quadro hidrogeológico da área de estudo, em particular, das vazões, níveis piezométricos, regime de exploração, uso e características químicas da água subterrânea e conseqüentemente, ajudar a planificar as atuações futuras do homem sobre os aquíferos.

O inventário, é um método de investigação que permite um conhecimento rápido das características hidrogeológicas de uma dada área (pelo menos nas primeiras etapas do estudo) sem haver necessidade de execução de obras (poços, sondagens geológicas, piezômetros), cujo custo é elevado e além disso, requer muitas vezes um tempo de realização longo.

Faz-se uma descrição do objetivo, metodologia e realização desta investigação e como mais importante, os resultados obtidos que permitem compreender a realidade hidrogeológica na cidade de São Paulo.

1.1. Objetivo e Metodologia

O objetivo do inventário foi permitir a obtenção de informações hidrogeológicas sobre a área considerada e possibilitar algum contributo para uma futura política de uso e preservação dos recursos hídricos subterrâneos da Bacia sedimentar de São Paulo.

Um inventário hidrogeológico pode ser executado segundo dois métodos, os quais estão em função da urgência dos problemas a resolver (CASTANY, 1968):

- inventário sistemático, analítico e detalhado;
- inventário sintético e sumário.

O inventário sistemático, analítico e detalhado

requer muito tempo, vários anos, o que não está de acordo com os nossos objetivos atuais. Além disso, requer uma equipe de trabalho para distribuição de tarefas. Como necessitávamos de obter os primeiros resultados mais rapidamente, recorremos ao inventário básico, sintético e sumário, que foi elaborado com base na documentação existente e controle sobre o terreno dos pontos de água. Futuramente, este inventário poderá ser complementado por um estudo sistemático detalhado. Vale salientar, que a denominação de ponto de água se refere a toda e qualquer forma de afloramento das águas subterrâneas. No presente caso esta forma é basicamente, o poço tubular.

Na elaboração do inventário adotamos a seguinte metodologia: uma fase de preparação em gabinete para definir com precisão os dados a recolher e modo de apresentação dos mesmos; uma fase de pesquisa bibliográfica; uma fase de documentação junto das entidades oficiais, Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), das empresas privadas responsáveis pela perfuração de poços e outras entidades que, pela índole de seu trabalho ou outras circunstâncias, pudessem indicar a existência de captações na área de estudo; controle dos poços sobre o terreno; complementação da documentação catalogada; análise e tratamento estatístico dos dados; elaboração dos documentos definitivos.

As fases de maior interesse, visto as mesmas serem a base do estudo são: a documentação e o cadastro no terreno dos pontos de água. A documentação, permitiu a coleta e análise de dados disponíveis nos arquivos, fichas e perfis referentes aos poços da área de estudo, enquanto o cadastro, serviu para o controle dos pontos de água visando as seguintes informações: confirmação dos endereços de localização; posicionamento do poço em relação a possíveis fontes de poluição ou contaminação; situação atual do poço (desativado, em exploração); qualidade técnica da obra; dados atuais sobre produção (nível de água e vazão); regime de exploração e uso de água; qualidade físico-química e bacteriológica; equipamento de bombeamento; tipo de manutenção; proteção da captação e aquífero.

Através do cadastro, os dados coletados junto às várias entidades foram verificados tanto quanto possível e complementados no terreno, quer pela observação direta, quer pela informação do proprietário ou do usuário do poço.

1.2. Elementos Constantes do Inventário

Do inventário hidrogeológico constam os elementos seguintes:

- Número de ordem do poço cadastrado
- Localização Endereço
 Subdistrito
- Construtora - Denominação
- Construção - Ano
- Dados do Poço Profundidade (m)
 Revestimento interno ($\emptyset''$)
- Litologia
- Características do aquífero Tipo de permeabilidade
- Espessura (m) Perfurada
 Explorada
- Nível estático (NE) (m)
- Nível dinâmico (ND) (m)
- Dados de Produção Rebaixamento (m)
 Vazão (m^3/h)
 Capacidade específica ($m^3/h \times m$)
- Dados de qualidade
- Equipamento - Unidade de bombeamento
- Uso de água

- Observações

Todos estes elementos foram coletados a partir de perfís e fichas técnicas elaborados quando da construção dos poços e constantes principalmente, dos arquivos das construtoras. Exceptuam-se, alguns dados sobre a qualidade da água obtidos junto aos proprietários de poços, assim como todas as informações referentes ao equipamento de bombeamento e ao uso de água. Os valores de condutividade elétrica da água foram por nós determinados e os de pH atualizados, quer através do método colorimétrico, quer em laboratório.

1.3. Trabalhos Executados

Foram executados os seguintes trabalhos:

- Catálogo de inventário hidrogeológico básico.
- Um mapa dos poços inventariados na área central do Município de São Paulo (Figura 12 - Anexo).
- Um mapa de classes dos poços em exploração na área central do Município de São Paulo (Figura 13 - Anexo).
- Três perfís litoestratigráficos segundo as direções N-S, NE-SW e W-E (Figuras 16, 17 e 18).
- Um mapa com dados de condutividade elétrica da água subterrânea na área central do Município de São Paulo (Figura 21- Anexo).
- Um mapa com os dados de qualidade da água subterrânea na área central do Município de São Paulo (Figura 22 - Anexo).

1.4. Resultados Obtidos

As informações coletadas no inventário hidrogeológico e através da observação dos poços no terreno, permitiram as seguintes análises:

- Total dos poços inventariados e situação atual.
- Tendência anual de construção dos poços.
- Características técnicas dos poços.
- Características dos aquíferos.
- Vazão de teste dos poços;
- Nível estático e nível dinâmico.
- Regimes de exploração.
- Unidade de bombeamento.
- Dados de qualidade da água.
- Uso das águas subterrâneas.

Estes itens serão analisados em seguida.

1.4.1. Total dos poços inventariados e situação atual

Um poço é uma obra de captação vertical que permite atingir um aquífero para efeitos de exploração do mesmo. De acordo com o método de construção, temos vários tipos de poços.

Na área de estudo, encontram-se dois tipos: os poços tubulares ou profundos e os poços rasos, também conhecidos por escavados, abertos, cacimbas e ordinários. O inventário hidrogeológico registra somente os poços tubulares, porque estes são o tipo de captação que está hoje sendo utilizado no abastecimento urbano e industrial.

Não obstante, faremos algumas considerações sobre a situação atual dos poços rasos e em seguida uma análise detalhada dos poços tubulares.

Poços Rasos

Inicialmente, os habitantes de São Paulo, faziam

uso das águas superficiais que ocorriam na região. Como consequência da degradação desses mananciais, tiveram necessidade de águas de melhor qualidade, optando pela construção de poços rasos. Este tipo de captação foi largamente utilizado nos bairros da cidade de São Paulo, para fazer face à inexistência, na época, da rede de abastecimento público. Esses poços, em relação aos poços profundos, ofereciam a vantagem de poderem ser construídos manualmente, razão pela qual predominaram durante algum tempo.

Baseados na observação e diálogo com moradores e construtores que participaram na construção de bairros localizados nos subdistritos de Vila Guilherme, Vila Maria e Tucuruvi (áreas intermediárias), constatamos, que a maioria das famílias que habitam casas instaladas em terrenos com uma superfície aproximada de 300 m^2 , possuíam um poço raso e conviveram durante tempos com o binômio poço raso-fossa, posicionados a poucos metros um do outro (2 a 4 m). A elevada densidade de fossas negras, fossas sépticas e latrinas, a inexistência de normas para utilização das mesmas, associada às condições gerais do terreno, deficiências de construção e precaridade sanitária na exploração desses poços, determinou a contaminação bacteriológica de grande número e consequentemente, a desativação dos poços quando da instalação da rede de abastecimento público. Alguns poços rasos permanecem, sendo alguns, explorados integralmente, por conveniência econômica e outros são utilizados de modo estratégico, isto é, quando se verificam quedas no volume ou interrupção no fornecimento de água aduvida ou ainda, para regadio de hortas de fundo de quintal.

Muitos destes poços rasos, embora particulares, eram comunitários, isto é, foram utilizados por várias famílias.

Posteriormente, concentramos a nossa atenção numa área de 1 km^2 , situada aproximadamente entre as Avenidas Julio Bueno e Dra. Diva Chaves de Faria (subdistrito do Tucuruvi). Aqui inventariamos 200 poços rasos, dos quais 95% estão desativados, cobertos por pesadas placas de cimento ou chapas de ferro. Segundo informação verbal, 60% dos poços foram aterrados e alguns deles entulhados com lixo e outros convertidos em fossas negras, naque

las casas que não estão ligadas a rede de esgoto.

Na construção destes poços foram utilizados pá e picareta. Na remoção do material escavado utilizava-se sarilho com balde e corda. No revestimento foram utilizados tijolos. A profundidade oscila entre os 3 e 12 m, com diâmetros de 1,10 a 3 m. A água era retirada inicialmente, com sarilho, corda e balde ou só com corda e balde. Após a chegada da energia, com bomba elétrica. Em geral os poços têm a abertura ao nível do solo e eram mal vedados, sujeitos a contaminação através da infiltração superficial e de resíduos que caíam para o interior.

Cabe referir, que na área industrial de São Paulo, algumas empresas que desativaram seus poços tubulares por problemas mecânicos e hidráulicos, construíram poços rasos cujas águas estão sendo utilizadas na atividade industrial. É um processo de garantir novas fontes de água e de fazer face aos sucessivos aumentos de custo de água da rede pública de abastecimento.

Poços tubulares

Foram inventariados 475 poços tubulares distribuídos por uma área de cerca de 100 km². Vale observar que, segundo CHAPOND & MORTIER (1967), num estudo de caráter local ou detalhado (escala de 1:10.000 a 1:25.000), se pode aceitar os valores de 2.000 - 4.000 poços para 1.000 km². No nosso estudo, na escala de 1:20.000, atinge-se uma densidade de quase 5.000 poços por 1.000 km², portanto, acima da densidade julgada como razoável.

Do inventário constam poços em exploração, poços desativados (poços que foram explorados por um período de tempo), poços abandonados (poços que nunca foram explorados por razões hidráulicas ou de qualidade da água), poços não localizados no terreno, poços cuja observação não foi autorizada (dados não disponíveis) e poços não observados. O registro de poços desativados e abandonados é de grande importância no quadro da proteção dos aquíferos e captações. A negligência na desativação e

a falta ou deficiente acondicionamento dos poços abandonados, afetam profundamente a qualidade da água subterrânea.

De acordo com o inventário hidrogeológico os poços são classificados segundo a Tabela 3.

Controlou-se no terreno 396 poços, ou seja, 83% dos poços inventariados. Em relação a 8 poços (2%), não foi permitida a observação direta e qualquer outra forma de aquisição de dados. Restaram 83 poços por pesquisar, isto é, 18% do total. Dispomos, assim, de uma maioria de observações, que nos permitem um real conhecimento da situação hidrogeológica na região urbana de São Paulo.

Tab. 3 - Situação Atual dos Poços

Situação Atual	Nº de Poços	%
Em exploração	180	38
Desativados	177	37
Abandonados	27	5
Dados não disponíveis	8	2
Não localizados	12	3
Não observados	71	15
Total	475	100

Os poços inventariados, com exceção dos poços não localizados, estão representados em mapa (Figura 12 - Anexo). Também em mapa estão indicadas as classes dos poços em exploração (Figura 13 - Anexo). Estes mapas permitem uma análise da distribuição dos poços no espaço e tirar conclusões sobre a locação e densidade dos mesmos.

Os 475 poços inventariados estão distribuídos pelos seguintes subdistritos:

<u>Subdistrito</u>	<u>Nº de Poços</u>
Belenzinho	85
Moóca	58
Brás	40
Vila Guilherme	37
Consolação	32
Alto da Moóca	30
Vila Maria	27
Ipiranga	17
Santana	17
Pari	16
Bela Vista	15
Santa Cecília	13
Cambuci	12
Tucuruvi	12
Barra Funda	11
Tatuapé	11
Cerqueira César	10
Bom Retiro	08
Liberdade	07
Sé	06
Santa Ifigênia	04
Aclimação	03
Vila Prudente	02
Casa Verde	01
Perdizes	01
Total...	475

Há uma grande distribuição de poços na área de estudo verificando-se a maior densidade em três áreas industriais (Belenzinho, Moóca e Brás), totalizando 183 captações ou seja, 39%, o que deixa antever um grande consumo de água subterrânea neste tipo de atividade. Com efeito, em relação aos poços em exploração a maior densidade é registrada na zona Leste da cidade de São Paulo, isto é, numa área de concentração industrial. Na zona central da cidade a concentração é de 28% dos poços em exploração.

1.4.2. Tendência anual de construção dos poços

Com o desenvolvimento do consumo e da demanda por parte da população e das atividades industriais, bem como da necessidade de água de melhor qualidade, começou a desenvolver-se, progressivamente, o aproveitamento das águas subterrâneas profundas na região da cidade de São Paulo.

De acordo com o inventário foi possível montar-se um gráfico (Figura 14) com os poços perfurados de 1950 a 1982. Observa-se, que entre 1950 e 1967 o maior número de poços foi construído em 1955 e 1962 (12 poços) e 1966 (13 poços), seguindo-se uma dinamização no período 1968/1970 e após algumas retrações, verificaram-se tendências crescentes em 1973, 1978, 1980 e 1982.

Constatamos, que algumas unidades industriais, especialmente aquelas que consomem grandes volumes de água, estão interessadas na reativação de poços desativados e construção de novos poços em suas áreas.

Dos 475 poços perfurados não foram identificadas as construtoras de 38 captações. Assim, em relação a 437 poços, verifica-se, que 44% foram construídos pela CORNER SA, 23% pela CIA T.JANER COM.IND., 15% pela AIR LIFT IND.COM.SA e os restantes 18% por dezesseis outras construtoras.

1.4.3. Características técnicas dos poços

A construção de um poço para exploração de água exige sempre a elaboração prévia de um projeto, baseado no estudo hidrogeológico do local onde se pretende instalar esta obra de captação. Este projeto é fundamental, porque ao considerar os elementos técnicos mais adequados à estruturação do poço, bem como à seleção dos materiais a serem utilizados na sua construção, objetiva um bom funcionamento mecânico, hidráulico de longa duração e a custos razoáveis.

FIG. 14 - TENDÊNCIA ANUAL DE CONSTRUÇÃO DOS POÇOS NA CIDADE DE
SÃO PAULO (1950-1982)

Com base nos dados técnicos das fichas de poços e observação direta das obras no terreno, vamos analisar as seguintes características técnicas de construção:

- Locação.
- Métodos de perfuração.
- Diâmetro de perfuração.
- Revestimento.
- Profundidade.
- Filtro e pré-filtro.

A proteção sanitária será analisada no capítulo seguinte.

a. Locação

No meio urbano, a locação do poço é em geral determinada pelo proprietário, impedindo deste modo, por razões de espaço, de custo, que o construtor faça um estudo hidrogeológico de reconhecimento antes de executar a obra.

Nos casos em que o sondador está familiarizado com a geologia da área de trabalho e conhece previamente onde irá ser encontrada a formação aquífera, a perfuração é conduzida com certa segurança, atingindo rapidamente a camada aquífera.

Em áreas restritas, como aquelas onde se situam os condomínios, os hospitais, hotéis, indústrias e outros, a locação do poço não tem muitas alternativas, porque só pode ser naquele lugar.

Por outro lado, a investigação da superfície da água subterrânea é substituída frequentemente pela presença do radiestesista, para demarcar o local por onde passa o "filão de água".

Tivemos oportunidade de acompanhar alguns trabalhos de radiestesia. O operador possuía vários instrumentos de detecção do fluxo subterrâneo: forquilha em madeira, duas hastes metálicas e um pêndulo. Discordamos desta prática, porque a mesma não tem nenhum fundamento científico. No entanto, constatamos ser uma atividade com larga utilização na prospecção das águas subterrâneas na cidade de São Paulo.

A questão da locação do poço em relação a possíveis fontes de poluição ou contaminação será abordada no próximo capítulo.

b. Métodos de Perfuração

Na área de estudo encontram-se tipos de poços tubulares que podem ser divididos em dois grupos:

- Poços tubulares não revestidos.
- Poços tubulares dotados de filtro ou tela em níveis arenosos, argilo-arenosos e areno-argilosos.

Na construção destes poços foram utilizados basicamente, dois métodos de perfuração: a percussão (sonda percussora ou de cabo) e o rotativo hidráulico (sonda rotativa), com circulação direta. Nenhum destes métodos é melhor em todas as situações. O processo a percussão com caçamba é preferido em rocha consistente, com um rendimento médio de 4 a 5 m/dia. Algumas construtoras utilizam o método a percussão com circulação de lama em sedimentos, com rendimento médio de 7 a 8 m/dia, dispensando o revestimento durante a perfuração. Quando o aquífero é rocha fraturada pouco profunda (30 a 40 m) sob um manto de alteração ou sedimentos, é feita uma cravação nestes até o topo daquela formação e opera-se com percussora e caçamba.

O método rotativo com circulação de lama (bentonita a base de água) é mais rápido que o da percussão em sedimentos, com rendimento médio de 50 m/dia, exceto nos casos em que se verifica a presença de blocos de diversos tamanhos.

Outro método ainda utilizado com menor frequência é a perfuração "Down the Hole", combinação dos métodos a percussão e rotativo, que permite um rendimento médio de 120 m/dia.

A Tabela 4 mostra os diferentes métodos de perfuração e frequência utilizados na construção dos poços inventariados.

Tab. 4 - Diferentes Métodos de Perfuração

Tipo de Rocha	Método de Perfuração	%
Rocha consistente	Percussão c/caçamba	95
Rocha consistente	Down the Hole	5
Sedimentos	Rotativo c/lama	90
Sedimentos	Percussão c/lama	4,5
Sedimentos	Percussão c/cravação	0,5
Sedimentos	Down the Hole	5

A decisão na escolha de um destes métodos requer a consideração de vários fatores, sendo os principais, o diâmetro, a profundidade do poço e a natureza das formações geológicas que provavelmente serão atravessadas. Em relação a algumas construtoras, existe apenas um método, a percussão, visto as mesmas disporem somente de máquinas deste tipo.

Durante a perfuração são feitas coletas de amostras, que para além de identificarem as formações aquíferas, permitem traçar a coluna geológica. Estas amostras que aparecem sob a forma de detritos, são removidas com caçamba, lama de perfuração e ar comprimido. O método a percussão permite a obtenção de amostras que representam bem as formações penetradas. Com a sonda rotativa há mais dificuldades provenientes da lama e velocidade de perfuração. Das construtoras contactadas, 50% não fazem o registro das formações geológicas encontradas na medida do avanço da perfuração e não dispõem de um relatório detalhado com

as características técnicas do poço.

Analizamos 342 colunas geológicas de poços, algumas das quais carecem de constância na apresentação de dados técnicos: diâmetro de perfuração e do revestimento, tipo e comprimento do filtro, material e granulometria do pré-filtro, dados de produção, saliência do tubo de revestimento interno, cimentação e laje de proteção; 133 poços não possuem seção colunar com descrição litológica e o registro das características técnicas é precário. Em qualquer dos casos não existem referências sobre a tampa superior do tubo de revestimento interno.

A figura 15 mostra duas fichas de informações, a título de exemplo, sendo um poço perfurado nos sedimentos e o outro no embasamento cristalino.

As amostras coletadas que são acondicionadas em sacos de plástico não são descritas com rigor, embora saibamos que tais provas científicas exigem estudos rigorosos que na maioria das vezes não estão ao alcance das construtoras. A descrição litológica é apenas um trabalho que visa a compreensão da geologia em geral. O estudo detalhado das amostras seria desejável, porque permitiria preparar ou melhorar os mapas geológicos, seções geológicas, perfís estratigráficos e aprofundar a compreensão da hidrologia na área urbana de São Paulo. Uma seção sedimentar, como já observamos, nota somente argila, argila arenosa, areia, areia argilosa ou argila pouco arenosa, dificultando a definição precisa da sequência estratigráfica e da identificação das camadas aquíferas. A inexistência do estudo sedimentológico torna difícil a separação entre o manto de alteração da rocha de base e os sedimentos terciários por um lado e a separação entre estes e os sedimentos quaternários por outro. Isto reflete-se na dificuldade de caracterização do tipo de aquífero e na definição de sua espessura quer perfurada, quer explorada.

c. Diâmetro de Perfuração

O diâmetro de um poço pode ser ou não constante

Endereço - Rua Caio Prado, 363
São Paulo

Perfuração - 2042/1

Construção - Início - 5Dez.1975
Término - 17Dez.1975

Técnica

Sondagem c/ 10" até 101,50 metros
 Revestimento c/ 20" até 15,00 mts.
 Tubos Mann. c/ 8" até 101,50 mts.
 Profundidade total de 101,50 mts.
 Sedimentos permeáveis - 51,00 mts.
 Perfuração c/ 24" até 15,00 metros
 c/ 18" = 101,50 metros

Prova de Vazão

Nível estático - 21 metros
Nível dinâmico - 95 metros
Bombeamento após 13 horas
Vazão horária - 11.000 litros

Equipamento - Eletrobomba submersa
marca Di Mari de 15 HP, instalada
com canos de 3" a 100 metros de
profundidade.

OBS.

Filtros Hidrosolo de 8", galvanizados.

POÇO EXPLORANDO O AQUIFERO SEDI-
MENTAR

SEÇÃO DE ENGENHARIA - PERFURAÇÃO DE POÇOS

CLIENTE: CLUB DE REGATAS TICTE
LOCAL DA OBRA: Av. Santos Dumont, 843 - SP
OBRA N.º J. SP-2198 POÇO N.º 2 MÁQUINA: Frank/F-37

São Paulo, 20 de Agosto de 1975.

Figura 15 - Tipo de Informações fornecidas pelas Construtoras dos Poços.

desde o tpo at o fundo. Iniciada a construo com um determinado dimetro, as condies de perfurao e outros elementos podem determinar redues da coluna, completando-se o extremo inferior com um dimetro menor.

A anlise das colunas tcnicas dos poos inventariados permitiu elaborar as Tabelas 5 e 6, que mostram respectivamente, o nmero de dimetros e os dimetros utilizados na perfurao destes poos.

Tab. 5 - N de Dimetros Utilizados na Perf.dos Poos

Número de Diâmetros	Número de Poços	%
1	78	24
2	165	51
3	52	16
4	23	7
5	5	2
Total -	323	100

Conforme os dados da Tabela 5, foram utilizados at 5 dimetros de perfurao, tendo 165 poos ou seja, 51% do total sido construdos com dois dimetros, um dimetro inicial ou de perfurao e um dimetro final ou dimetro til da cmara de bombeamento. Esta atuao operacional foi imposta por dois fatores: natureza das formaes geolgicas atravessadas e imposies de carter econmico.

Os dimetros escolhidos obedeceram as seguintes condies: natureza das formaes geolgicas; espao livre para a instalao da bomba de modo a garantir uma boa eficincia hidrulica.

A observao detalhada das colunas tcnicas dos

Tab. 6 - Diâmetros Utilizados na Perfuração dos Poços

Sedimentos	Rocha Alterada	Rocha Consistente
32"	16"	13"
28"	15"	12 1/4"
25 1/4"	13"	12"
24"	12 1/2"	11 1/23"
22"	12 1/4"	10 3/4"
20"	12"	10"
19"	10"	9 7/8"
18"	9 7/8"	9 1/2"
17 1/2"	8 5/8"	8 5/8"
17"	8 1/2"	8 1/2"
16"	8"	8 3/8"
15"	7 1/2"	8"
14"	6"	7 1/2"
13"		6 1/2"
12 1/2"		6"
12 1/4"		
12"		
11 1/2"		
10 3/4"		
10"		
9 7/8"		
8 5/8"		
8"		
6"		

323 poços construídos com mais de 1 diâmetro de perfuração, le vou-nos a concluir, que os diâmetros de maior frequência utilizaa dos para completar a parte inferior destes poços nos sedimentos, rocha alterada e rocha consistente forma respectivamente, de 11 1/2", de 12" e de 6".

d. Revestimento

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1977), o revestimento externo (também conhecido como de serviço, de superfície ou sanitário) é um "tubo de aço ou outro material resistente utilizado provisoriamente durante os serviços de perfuração de poços"; revestimento interno é um "tubo de aço ou outro material resistente utilizado para permanecer definitivamente no poço, estabelecendo ligação entre a zona de entrada de água para o poço (filtro) e a superfície".

O tubo de revestimento em poços profundos para exploração de água tem dois objetivos:

-Evitar o desmoronamento do furo.

-Evitar a entrada no poço de água de superfície ou de infiltrações mais rasas, de redes de esgotos deteriorados e de fossas, que possam afetar a qualidade da água de captação.

Os poços perfurados em formação consolidada não possuem revestimento a não ser nos trechos dos depósitos sobrejacentes de material inconsolidado e em casos restritos, é utilizado para evitar o desmoronamento em profundidade.

A análise de colunas técnicas de 400 poços tubulares permitiu elaborar a Tabela 7.

Tab. 7 - Nº de Revestimentos Utilizados nos Poços

Número de Revestimentos	Número de Poços	%
Com 1 revestimento	13	3
Com 2 revestimentos	371	93
Com 3 revestimentos	14	3
Com 4 revestimentos	2	1
Total - 400		100

Conforme os dados da Tabela referida, 3% dos poços foram construídos com 1 revestimento, 93% com 2, 3% com 3 e 1% com 4. Enquanto em 13 poços o revestimento tem a função de ser de serviço permanente, 387 captações apresentam um revestimento externo e um interno, que aloja o equipamento de bombeamento.

O revestimento externo é uma tubulação de aço preto, de espessura 3/16" ou 1/4", colocada até diferentes profundidades. A tubulação de revestimento interno é em aço preto ou galvanizado, da Norma DIN 2440 ou Schedule 20/40 e são fornecidos pelos fabricantes em comprimentos que variam entre 4 e 10 metros. O apoio consiste na cravação do tubo na rocha dura, de alguns centímetros a 1 metro.

As Figuras 16,17 e 18 ilustram alguns aspectos referentes ao número de revestimentos utilizados na construção do poço, assim como a profundidade dos mesmos.

Em relação a poços com mais de 1 revestimento, a Tabela 8 ilustra alguns dados referentes à profundidade menor e maior.

Tab.8 - Dados Referentes à Profundidade do Revestimento dos Poços

Revestimento	Profundidade menor	Profundidade maior
externo	6,00 m	45,00 m
interno	59,00 m	206,50 m

No revestimento interno dos poços foram utilizados tubos de aço preto em 80% das captações e galvanizados em 20%. O comprimento das tubulações depende da espessura do solo.

FIGURA 16 - PERFIL LITOESTRATIGRÁFICO N-S

POR ALBERTO PACHECO

Des: S. K. OJIMA

POR ALBERTO PACHECO

FIGURA 17 - PERFIL LITOESTRATIGRÁFICO NE - SW

Des: S. K. OJIMA

Estes tubos são eletricamente soldados e raramente rosqueados. Alguns poços construídos durante os anos quarenta e cinquenta foram revestidos internamente em concreto, como consequência da dificuldade de aquisição de matéria prima para a confecção das tubulações. Nesse concreto eram colocados pequenos filtros de porcelana.

No projeto de revestimento de um poço há dois aspectos importantes que devem ser considerados: o diâmetro do tubo e a espessura da parede.

Quanto ao diâmetro e por razões econômicas é conveniente utilizarem-se valores que não encareçam a obra, mas que garantam um processo construtivo eficiente e um bom funcionamento do poço.

As Tabelas 9 e 10 documentam respectivamente, os diâmetros dos revestimentos e os diâmetros do revestimento interno nos 400 poços.

A análise da Tabela 10 permite verificar que os diâmetros do revestimento interno de maior frequência são os de 6" e 8", respectivamente, em 210 e 133 poços, ou seja, 52% e 33%.

O diâmetro do tubo de revestimento interno é função do diâmetro de perfuração, do diâmetro da carcaça da bomba e do caudal previsto.

É de dois tipos o diâmetro útil da câmara de bombeamento dos poços locados na área de estudo (Tabela 11).

Considerando as potencialidades dos aquíferos da área (10 a 20 m³/h), os diâmetros utilizados são superdimensionados.

Quanto a espessura do revestimento interno, é muito importante, que a mesma obedeça a dimensões mínimas de mo-

Tab. 9 - Diâmetro dos Revestimentos dos Poços

Com 1 Revestimento	Com 2 Revestimentos	Com 3 Revestimentos	Com 4 Revestimentos
15"	14" + 6"	20" + 8" + 6"	12" + 8" + 6" + 4"
14"	16" + 6"	16" + 14" + 6"	38" + 25" + 19" + 8"
13"	13" + 6"	25" + 20" + 6"	
12 1/4"	18" + 6"	16" + 8" + 6"	
10"	20" + 6"	20" + 16" + 8"	
5"	20" + 8"	18" + 16" + 6"	
	8" + 6"	25 1/4" + 10" + 6"	
	12" + 6"	25 1/4" + 12" + 6"	
	25 1/4" + 11 1/2"	25" + 20" + 8"	
	25 1/2 + 8"		
	16" + 8"		
	14" + 8"		
	19" + 8"		
	25 1/4" + 6"		
	15" + 8"		
	12" + 4"		
	18" + 8"		
	12" + 8"		
	25" + 8"		
	25" + 6"		

Tab. 10 - Diâmetros do Revestimento Interno dos Poços

Diâmetros do Revestimento Interno	Nº de Poços	%
15"	1	0
14"	1	0
13"	1	0
12 1/4"	2	1
11 1/2"	38	10
10"	2	1
8"	133	33
6"	210	52
5"	4	1
4"	8	2
Total-	400	100

Tab. 11 - Diâmetro Útil da Câmara de Bombeamento dos Poços

Diâmetro Útil Polegadas (mm)	Vazão Extraída m ³ /h
6 150	até 45,00
8 200	até 61,00

do a conferir à coluna a necessária resistência mecânica, visto estar exposta durante a sua instalação e serviço do poço ao seu próprio peso e aos empuxos laterais e hidrostáticos. Os tubos de aço do revestimento interno dos poços têm fundamentalmente dois tipos de espessura (Tabela 12).

Tab. 12 - Espessura do Revestimento Interno dos Poços

Diâmetro Interno Polegadas (mm)		Espessura (mm)
6	150	4,50
8	200	6,30

Segundo a ABNT (1977), estes tubos devem ter uma espessura mínima de 7 mm.

No que concerne a saliência do tubo do revestimento interno, esta característica técnica será analisada posteriormente.

e. Profundidade

A definição de profundidade de um poço deve ser fixada pelo perfil de uma perfuração de reconhecimento, através de dados colhidos no inventário hidrogeológico da área ou pelos dados colhidos durante a perfuração.

As dificuldades em fazer perfurações-teste, a inexistência de um inventário correto que permitisse a elaboração de um projeto de construção e conseqüentemente, a possível localização da zona de captação, deu lugar a que muitos poços fossem perfurados através de tentativas, até encontrar o aquífero a daí o mau aproveitamento deste.

De acordo com os dados extraídos do inventário elaborou-se a Tabela 13.

Tab. 13 - Classes de Profundidade dos Poços

C/Profundidade (m)	Nº de Poços	%
< 100	52	12
100 - 200	313	72
201 - 300	59	14
301 - 400	<u>7</u>	<u>2</u>
Total -	431	100

Segundo a Tabela, 72% dos poços têm profundidades que vão dos 100 aos 200 m, enquanto apenas 2% têm profundidades de 301 a 400 m.

As profundidades mínimas e máximas atingidas pelas perfurações nas décadas de 1950, 1960, 1970 e nos dois primeiros anos de 1980, estão ilustradas no gráfico da Figura 19.

Observa-se, que as profundidades mínimas foram as mesmas nas três décadas (1950, 1960, 1970), tendo aumentado de 20% nos dois primeiros anos de 1980.

As profundidades máximas variaram da seguinte maneira: redução de cerca de 7% da década de 1950 para a década de 1960, aumento de cerca de 7% da década de 1960 para a década de 1970 e de 25% da década de 1970 para os dois primeiros anos de 1980. O aumento das profundidades mínima e máxima nos primeiros anos da década de oitenta pode ser interpretado de duas maneiras: a crença de quanto maior for a profundidade do poço maior a vazão; a pesquisa de aquíferos melhor protegidos dos elementos contaminantes.

f. Filtro e pré-filtro

O filtro ou tela é um elemento vital na produção de água por um poço tubular instalado em aquífero de material não consolidado. O filtro tem a função de suportar a pres-

FIG. 19 - PROFUNDIDADES MÍNIMAS E MÁXIMAS DOS POÇOS

são exercida pelas camadas circundantes, permitir a máxima entrada de água e proporcionar meios que impeçam a passagem permanente de areia para o interior do poço. Conseqüentemente, algumas medidas devem ser tomadas na sua escolha.

A durabilidade é um fator que deve ser considerado na seleção de um filtro para poço, uma vez que a substituição do mesmo é difícil ou impraticável. A sua destruição implicará no fim da vida útil do poço. Devido ao fato de que a maioria das águas subterrâneas ou são corrosivas ou incrustantes, a escolha do material a utilizar na construção do filtro é muito importante para a sua durabilidade.

A análise de perfis técnicos e o diálogo com os proprietários dos poços permitiu elaborar a Tabela 14, onde estão indicados os tipos de filtros, os materiais de fabricação, a frequência e a porcentagem ocorrente na área de estudo.

Tab. 14 - Tipos de Filtros e Material de Fabricação

Tipo de Filtro	Material de Fabricação	Nº de Poços	%
Ranhura contínua	aço inoxidável	50	16
Ranhura contínua	aço galvanizado	58	19
Ranhura descontínua	aço preto	151	48
Ranhura descontínua	aço galvanizado	27	8
Improvisado	tubo ou chapa de aço	24	7
Porcelana	porcelana	6	2
Total -		316	100

A Tabela mostra que 178 poços, ou seja, 56% foram construídos com filtros de ranhura descontínua (48% em tubo de aço preto e 8% em tubo de aço galvanizado); 108 poços, ou seja, 35% foram construídos com filtros de ranhura contínua (16% em aço inoxidável e 19% em aço galvanizado); 30 poços, ou seja, 9% foram construídos com outros tipos de filtros.

De uma maneira geral, embora as construtoras indiquem o filtro mais adequado para este ou aquele poço, a escolha da tela cabe ao proprietário e quase sempre baseada em critérios econômicos. Daí a razão pela qual 63% dos poços apresentam filtros de qualidade inferior. Aqui não computamos os 2% referentes aos filtros de porcelana, que só foram utilizados durante o período de escassez da matéria prima indispensável à confecção dos filtros metálicos. Conseqüentemente, três tipos de problemas afetam os poços: mecânicos, hidráulicos e físico-químicos.

Para que aquela deterioração dos poços seja evitada torna-se necessário conscientizar os proprietários, que o uso de um filtro adequado é um fator preponderante para o êxito de um poço. Uma tubulação simplesmente perfurada pode ser barata, mas isto não compensa ante as desvantagens que irão onerar os gastos de manutenção. Filtros inadequados encarecem o custo de água, porque reduzem a eficiência do poço e aumentam os gastos com a energia, enquanto que os filtros de boas características técnicas (material, diâmetro, comprimento e abertura das ranhuras) garantem a eficiência e prolongam a vida útil do poço.

Os filtros normalmente utilizados têm os seus diâmetros em função dos diâmetros dos tubos de revestimento interno, com comprimento variável (peças de 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4, 4,5, 5 e 6 metros) e aberturas que variam de 0,25 a 4 mm. Duas peças ou mais foram justapostas para formar um filtro mais longo, sempre que isso foi necessário.

Na colocação de filtros foram utilizados dois métodos: 1) o telescópico, que consiste na introdução do filtro no interior do revestimento com posterior extração; 2) o filtro e o revestimento foram acoplados (soldados ou rosqueados) numa única coluna e introduzidos no furo. Embora o método telescópico tenha a vantagem de permitir a retirada e a reinstalação do filtro quando necessário e além disso, evitar apoiar o peso de uma extensa coluna de revestimento sobre o filtro, o segundo método foi o mais utilizado. De uma maneira geral, os poços apresentam uma coluna de revestimento alternando com filtros, de modo a a-

proveitar uma sucessão de aquíferos separados por níveis argilosos. Este aspecto está ilustrado nas Figuras 16, 17 e 18.

Quanto ao pré-filtro, visto o material aquífero natural da Bacia Sedimentar de São Paulo não conter material grosseiro que possibilite a formação de um envoltório natural de cascalho ou pedregulho em torno do filtro, o encascalhamento artificial é recomendável. Este encascalhamento permite que a zona contígua ao redor do filtro se torne mais porosa e permeável através da remoção do material mais fino e substituição por material arredondado por processos de trabalho fluvial.

Enquanto as aberturas das ranhuras do filtro são função da granulometria do pré-filtro, a granulometria deste mantém uma relação definida com a granulometria da areia do aquífero.

A análise das colunas técnicas dos poços e as informações verbais dos técnicos das construtoras, permitem concluir, que as captações possuem um envoltório artificial que preenche o espaço anular em torno do filtro e do revestimento. A espessura do pré-filtro está compreendida entre 70 e 150 mm e a altura do espaço anular é variável.

Como material do pré-filtro começaram a ser utilizados recentemente dois tipos de areia: areias com granulometria de 2 a 3 mm (da região de Jacareí, no vale do Paraíba) em 90% dos poços e areias do tipo pérola (oriundas do Rio de Janeiro), com grãos bem arredondados, granulometria de 0,5 a 1 mm, em 10% dos poços. Equivale dizer, que não foi utilizado nenhum material sintético.

O menor uso das areias do tipo pérola se deve ao fato de serem mais caras que as areias de Jacareí.

1.4.4. Características dos Aquíferos

Com base na análise das colunas geológicas dos

poços perfurados e tomando como parâmetros o nível estático, o posicionamento dos filtros e profundidade das fendas, tentamos definir as características dos aquíferos, litologia, tipo de permeabilidade, espessura perfurada e explorada.

No caso do aquífero sedimentar livre, consideramos a espessura perfurada aquela que vai da superfície do solo à base dos sedimentos. Nesta espessura está incluído o aquífero potencial (acima do nível estático) e o aquífero saturado. A espessura explorada é dada pelo posicionamento do filtro na camada aquífera.

Na rocha alterada, a espessura perfurada é a altura total da camada alterada, correspondendo a espessura explorada também ao posicionamento do filtro.

Em relação à rocha dura, consideramos a espessura perfurada aquela que vai do topo da rocha à base da perfuração; a espessura explorada corresponde à extensão de entrada de água definida pela zona de fendas.

Conseqüentemente, foram individualizadas duas unidades aquíferas regionais de grande importância: o aquífero sedimentar, representado pelos aluviões e pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo e o aquífero cristalino, representado pelo conjunto das rochas alteradas e duras aflorantes ao redor da bacia.

As fontes de recarga dos aquíferos são as precipitações e os vazamentos das redes de distribuição de água e esgotos.

a. Aquífero Sedimentar

Os aluviões e os sedimentos terciários que preenchem a bacia, cobrem uma área de 5.000 km^2 . A espessura total destes sedimentos (terciários e quaternários) pode chegar a mais.

de 200 m em contacto ou não com a rocha dura.

Os aluviões ocorrem nas partes mais baixas da de pressão, ao longo das principais linhas de drenagem. A não potabilidade da água, leva-nos a concluir que a mesma tem somente interesse para consumo local, isto é, regadio e lavagem.

As camadas terciárias ou Formação São Paulo constituem a principal fonte de água na bacia principalmente, porque os poços aí instalados produzem mais água que os poços no cristalino. Com efeito, com base no inventário hidrogeológico, verificamos, que 69% dos poços construídos na área de estudo captam água dos sedimentos terciários, e 15% de aquíferos mistos (2% dos sedimentos e da rocha cristalina fendilhada e 13% dos sedimentos e da rocha cristalina alterada). As camadas mais permeáveis são as unidades de areia, intercaladas por níveis argilo-arenosos ou argilosos. As argilas podem atingir espessuras superiores a 50 m.

A espessura individual das camadas aquíferas arenosas varia de 1 até 80 m. Tomando a espessura das camadas arenoas obtida pela soma de várias camadas produtoras de um poço, constatamos a espessura máxima de 120 m.

De acordo com as colunas geológicas analisadas , 51% dos poços captam água em aquíferos arenosos, 4% em aquíferos argilo-arenosos e 30% simultaneamente em aquíferos arenosos e argilo-arenosos.

Quanto ao comportamento hidrológico, a água subterrânea contida nos sedimentos terciários ocorre em interstícios, sendo o grau de porosidade total nas areias de até 30% e nas argilas de 35% a 40% (LEINZ & CARVALHO, 1957). Como a permeabilidade das argilas é baixo, são as areias mais grosseiras os níveis aquíferos mais produtivos.

b. Aquífero Cristalino

As rochas cristalinas que constituem o embasamento das rochas sedimentares, afloram em redor da bacia, assim como em vários pontos da sua área. A produtividade aquífera é função da presença de fendas e do manto de alteração resultante da meteorização daquelas rochas.

As rochas cristalinas que ocorrem na área de estudo são fundamentalmente, o granito de cor cinza e rósea e o gnaisse leucocrático e melanocrático. No inventário hidrogeológico, face a falta de rigor na caracterização destas rochas, optamos por designá-las apenas por rocha cristalina com fendas ou alterada. Na Bacia de São Paulo, estas rochas ocorrem em níveis que vão de 8 a mais de 200 m de profundidade, com reflexos negativos na circulação das águas. As principais entradas da água situam-se entre os 40 e 185 m de profundidade e as fendas mais inferiores foram localizadas a 247 m.

De acordo com o inventário hidrogeológico, constata-se, que 16% dos poços construídos na área captam água da rocha cristalina (13% da rocha fendilhada, 1% da rocha fendilhada e alterada e 2% da rocha alterada).

A diferenciação macroscópica entre os sedimentos terciários e o manto de alteração das rochas cristalinas é difícil. Consequentemente, se corre o risco, na definição destes aquíferos, se considerar como terciário o manto de alteração e vice-versa. Salvaguardada esta possibilidade, as colunas geológicas mostram que as rochas sedimentares clásticas repousam diretamente sobre o complexo cristalino ou sobre o manto de alteração destas rochas. A espessura deste manto é variável. Segundo as sondagens, o valor menor é da ordem de 1 m e a máxima de 241 m.

Este manto de alteração que se comporta como sedimento inconsolidado face a sua porosidade e permeabilidade, constitui-se um produtor de água.

1.4.5. Vazão de teste dos poços

Com base nos dados de vazão de teste dos poços obtidos pelo método volumétrico, com cronômetro e recipiente aferido e constantes do inventário hidrogeológico, foi elaborado o gráfico da Figura 20 que mostra a evolução da vazão mínima e máxima e o comportamento da vazão média ao longo dos anos cinquenta, sessenta, setenta e oitenta (dois primeiros anos). Observa-se um decréscimo na vazão mínima de 75% dos anos cinquenta para os anos sessenta e setenta e um aumento de 200% para os dois primeiros anos de oitenta. A vazão máxima experimentou uma queda de 29% dos anos cinquenta para os anos sessenta e um acréscimo de 27% dos anos sessenta para os anos setenta e um aumento de 20% dos anos setenta para os dois primeiros anos de oitenta. A vazão média experimentou um decréscimo de 34% dos anos cinquenta para os anos sessenta, uma queda de 13% dos anos sessenta para os anos setenta e uma descida de 1% dos anos setenta para os dois primeiros anos de oitenta.

A tendência crescente das vazões mínima e máxima a partir dos anos sessenta e a recuperação da vazão média nos dois primeiros anos de oitenta, parecem constituir prova evidente que não existe esgotamento dos recursos hídricos subterrâneos na área, pelo contrário, uma recuperação gradativa dos mesmos como consequência de uma redução na perfuração indisciplinada de poços.

Segundo o gráfico da Figura 20, para um período de 32 anos (1950 a 1982) tem-se os seguintes resultados:

vazão mínima.....	0,20 m ³ /h
vazão máxima.....	61,00 m ³ /h
vazão média.....	53,93 m ³ /h

A vazão mínima foi registrada nos poços nº 144 e 366 localizados respectivamente, nos subdistritos do Bom Retiro e Santana e a vazão máxima no poço nº 244 situado no subdistrito do Belenzinho.

Vazão mínima, média e máxima em m^3/h

FIG.20 - VAZÕES MÍNIMAS, MÉDIAS E MÁXIMAS
(Segundo os testes de vazão)

A quantidade de água fornecida pelos poços instalados nos sedimentos terciários e de acordo com os dados do teste de vazão varia de $0,20 \text{ m}^3/\text{h}$ até $61,00 \text{ m}^3/\text{h}$; na rocha cristalina fendilhada varia de $0,60 \text{ m}^3/\text{h}$ até $28,80 \text{ m}^3/\text{h}$, situando-se as vazões mais comuns entre $4,00$ e $10,00 \text{ m}^3/\text{h}$; na rocha cristalina alterada varia de $0,20 \text{ m}^3/\text{h}$ até $7,54 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.4.6. Nível estático e nível dinâmico

Nas figuras 16, 17 e 18 encontra-se representado o nível estático de vários poços em relação à altitude da boca dos mesmos. Não existe uma constância no acompanhamento deste nível em relação à topografia da superfície do solo. Observa-se, em geral, que a profundidade do nível estático em relação à superfície tem a tendência de ser maior quanto mais alta for a topografia, situada entre as altitudes de 730 e 740 m (Figuras 16 e 17). A causa parece residir na tendência de escoamento da água para as partes baixas da bacia. Na Figura 18 as maiores profundidades verificam-se nas menores altitudes, entre 655 e 670 m. A razão deve estar no fato destes poços se situarem numa área de grande densidade de furos, sujeita a intenso regime de exploração ou ser consequência de defeitos construtivos ou de desenvolvimento ou de deterioração da obra.

De acordo com os dados do inventário hidrogeológico tem-se para o nível estático os resultados da Tabela 15.

Tab. 15 - Profundidades do Nível Estático

Profundidade (m)	Nº de Poços	%
< 10	44	12
10-50	216	57
51-100	107	28
> 100	13	3
Total -	380	100

Segundo a tab.15, 57% dos poços têm o nível estático a uma profundidade de 10 a 50 m, enquanto apenas 3% dos poços têm o nível a uma profundidade maior que 100 m.

A menor profundidade do nível estático em relação a boca do poço é de 0,50 m e a maior é de 133 m.

Quanto ao nível dinâmico e de acordo com o inventário hidrogeológico tem-se os dados da Tabela 16.

Tab. 16 - Profundidades do Nível Dinâmico

Profundidade (m)	Nº de Poços	%
10-50	70	19
51-100	228	60
>100	<u>80</u>	<u>21</u>
Total -	378	100

Verifica-se, que 79% dos poços têm o nível dinâmico a uma profundidade de 10 a 100 m, enquanto 21% dos poços têm o nível a uma profundidade superior a 100 m.

A menor profundidade do nível dinâmico em relação à boca do poço é de 16 m e a maior de 160 m.

Em relação ao nível estático e dinâmico as profundidades são variáveis e estas dependem dos aquíferos e da qualidade construtiva dos poços.

Não se dispõe de dados suficientes para se avaliar o nível de exploração da água na área, de modo a permitir uma análise concreta sobre as flutuações. Raros são os poços que possuem dispositivo para medições frequentes do nível de água. A ausência de uma manutenção preventiva dificultou este estudo na medida em que ficamos privados dos necessários elementos.

De acordo com os dados do inventário hidrogeológico, o rebaixamento (ND-NE) do nível de água nos poços varia de 2 até 153 m, situando-se os valores mais frequentes entre 10 e 70 m.

Seria desejável, através de medições periódicas, conhecer-se as variações anuais conforme as épocas de estiagem e de chuvas e em função do regime de exploração.

Cabe referir, que na área de estudo, nas imediações de alguns poços se notam abatimentos do solo. Este problema, face à pequena extensão dos abatimentos, parece-nos não estar ligado à queda do nível de água, mas sim ao carreamento da areia pelo bombeamento.

1.4.7. Regime de exploração

A pesquisa junto aos proprietários ou usuários sobre o regime de exploração dos poços permitiu elaborar a Tabela 17.

Tab. 17 - Regime de Exploração Diária dos Poços

Nº de Horas Diárias	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	20	24	Total
Nº de Poços	1	1	6	1	5	2	6	3	14	5	5	1	10	3	2	9	7	3	68	152
%	1	1	4	1	3	1	4	2	9	3	3	1	6	2	1	6	5	2	45	100

A análise da Tabela permite constatar, para as várias modalidades de consumo, os seguintes regimes de exploração: 45% dos poços são operados continuamente durante 24 hs/dia; 55% são operados somente algumas horas por dia, sendo o tempo máximo de exploração de 20 hs/dia (3 poços) e o tempo mínimo de 30 minu-

tos (1 poço).

Como 10 poços não são bombeados de modo contínuo ou apresentam alternâncias horárias na exploração, montou-se a Tabela 18, que mostra o número de horas mensais de bombeamento destes poços.

Tab. 18 - Regime de Exploração Mensal dos Poços

Nº de Horas Mensais	8	16	48	60	64	180	352	480	588	Total
Nº de Poços	1	1	1	1	1	1	1	1	2	10
%	10	10	10	10	10	10	10	10	20	100

Há que acrescentar, que 18 poços são de uso eventual. Destes, 8 são bombeados para efeitos de manutenção segundo o esquema:

2 poços 15 em 15 dias
 3 poços periodicamente
 1 poço 2 horas diárias
 1 poço 2 horas semanais
 1 poço 16 horas/1 vez/semana

1.4.8. Unidade de bombeamento

O equipamento de bombeamento é um sistema imprescindível na exploração de poços profundos não artesianos. Através dele, a água é geralmente bombeada para reservatórios apoiados e depois recalçada para depósitos elevados para ser consumida por gravidade.

A seleção e instalação do equipamento de bombea-

mento é uma tarefa de grande importância na construção de um poço. A escolha criteriosa de uma bomba depende do diâmetro útil do poço, do alinhamento do furo, da quantidade de água a ser bombeada e da natureza da força motriz disponível.

a. Bomba submersa

São bombas centrífugas acopladas a um motor elétrico capaz de funcionar submerso na água, que possuem como característica principal, a razão inversa existente entre a vazão e a altura manométrica, isto é, quando uma aumenta a outra diminui e vice-versa.

b. Compressor (Ar Comprimido)

Consiste na injeção de ar comprimido no poço através de uma tubulação mergulhada na água. Com a redução do peso específico da coluna líquida devido a emulsão do ar, esta se eleva até a superfície pelo diferencial de pressão provocado, através de um outro tubo de maior bitola. O diâmetro do tubo de ar e do tubo da água é função da vazão bombeada.

c. Bomba injetora

Esta bomba é constituída por um efeito conseguido com uma bomba centrífuga, onde a vazão é formada pela água de recirculação da própria bomba e pela água que provém do poço.

Foram verificados 180 equipamentos de poços em exploração cujos resultados constam da Tabela 19.

Verifica-se, que 63% do equipamento de bombeamento utilizado na exploração de água subterrânea na área são bombas submersas, 36% compressores e 1% bombas injetoras.

A pesquisa sobre a relação tipo de equipamento de

Tab. 19 - Equipamento dos Poços em Exploração

Equipamento	Nº de Poços	%
Bomba submersa	113	63
Compressor(Ar comprimido)	66	36
Bomba injetora	<u>1</u>	<u>1</u>
Total -	180	100

bombeamento e vazão, com base nos dados do inventário, permitiu elaborar a Tabela 20.

Tab. 20 - Relação Equipamento de Bombeamento/Vazão

Vazões m^3/h	Bomba Submersa	%	Ar Comprimido	%	Bomba Injetora	%
< 6	30	17	8	4		
6-15	41	23	32	18		
> 15	38	22	26	15	1	1
Total	109	62	66	37	1	1

Constata-se, que o maior número de bombas submersas e compressores foram utilizados para vazões de 6 a 15 m^3/h numa ordem de 23% e 18% respectivamente. Em relação a vazões superiores a 15 m^3/h as porcentagens foram as seguintes: 22% para as bombas submersas e 15% para os compressores.

O uso generalizado da bomba submersa não é apenas uma função da quantidade de água a ser bombeada. Outros fatores intervêm na sua escolha: grandes rebaixamentos; não contaminação da água; menor consumo de energia; menores comprimentos de tubos dentro do poço; economia com dispensa de abrigos para a bomba.

O bombeamento por ar comprimido apresenta como grande desvantagem a possibilidade de contaminação da água bombeada por óleo. O fato de 37% de compressores estarem sendo utilizados no bombeamento de poços, se deve praticamente à presença de turbidez na água. Este sistema é largamente utilizado no desenvolvimento de poços e testes de vazão.

Na cidade de São Paulo, onde a exploração do poço é em geral depredatória, especialmente nos meios industriais, constata-se, que a necessidade de maiores volumes de água leva o usuário a instalar em poços com elevado teor de sólidos em suspensão ou vazões baixas, uma bomba submersa, visto esta permitir uma exploração superior em 30% em relação ao compressor. Como consequência, tem-se a avaria mecânica da bomba ou colapso do poço, resultando na desativação definitiva ou temporária da captação, por impossibilidade econômica do proprietário no sentido de promover a recuperação do equipamento de bombeamento. Este comportamento ilustra o espírito imediatista e irresponsável do usuário do poço cujo pensamento é este: "o poço interessa enquanto der água".

1.4.9. Dados de qualidade da água

A água a ser usada num suprimento público, seja qual for a sua origem, deve ser potável. A potabilidade é fixada por métodos de análise que se tornam mais rigorosos com o passar dos anos, acompanhando o desenvolvimento técnico do tratamento e do crescente padrão de conforto requerido pelo ser humano. Na definição de potabilidade existem Normas e Padrões internacionais, mas de uma maneira geral, cada país possui a sua própria legislação de águas.

Com base no Decreto nº 79.367, de 9 de Março de 1977, o Ministério da Saúde da República Federativa do Brasil, através da Portaria nº 56/Bsb de 14 de Março de 1977, elaborou Normas e o Padrão de potabilidade da água a serem observados em todo o território nacional. Foram adotadas definições entre as

quais destacamos:

Água Potável - É aquela cuja qualidade a torna adequada ao consumo humano. Isto quer dizer, que a água deve ser inofensiva a saúde, agradável aos sentidos e adequada aos usos domésticos.

Valor Máximo Desejável (VMD) - Valor de qualquer característica de qualidade de água potável, acima do qual a água tende a ser menos aceitável pelo consumidor.

Valor Máximo Permissível (VMP) - Valor de qualquer característica de água, acima do qual a água não é considerada potável.

Conseqüentemente, a poluição das águas não implica obrigatoriamente na sua contaminação. De acordo com FAIR et al. (1966), a poluição da água é "a introdução de substâncias que prejudicam a sua utilização, tornando-a desagradável à vista, paladar ou olfato".

De acordo com a definição dada pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1972), a "água considera-se poluída quando a sua composição ou o seu estado tenham sido alterados por forma a que se torne menos adequada para algumas ou todas as utilizações para que poderia servir no estado natural". Esta definição abrange a modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas da água.

A ABNT (1978), no sub-item 3.1.227, define poluição como sendo: "Qualquer interferência prejudicial aos usos preponderantes das águas, do ar e do solo previamente estabelecidos".

Com base naquelas definições conceituamos, que uma água está poluída, quando qualquer valor de características de qualidade ultrapassar o VMD e contaminada, quando qualquer valor de características de qualidade ultrapassar o VMP.

As considerações que acabamos de fazer são extremamente importantes na precisão do conceito de potabilidade, poluição e contaminação de uma água.

A qualidade da água subterrânea depende da litologia do aquífero, da velocidade de circulação, da qualidade da água de infiltração e da relação com outras águas ou aquíferos. Na cidade de São Paulo, o grande desenvolvimento urbano e industrial deu lugar a modificações no regime hidráulico do fluxo subterrâneo e propiciou o aparecimento de fontes de poluição ou contaminação cujos efeitos desconhecemos. A construção do Metrô é um exemplo das conseqüências nefastas do desenvolvimento urbano sobre a integridade dos aquíferos. Alguns poços que tinham vazões relativamente boas e cuja água era potável, após a construção deste meio de transporte foram seriamente afetados na produção e qualidade.

Um diagnóstico do quadro geral da qualidade da água subterrânea na Grande São Paulo, foi feito pelo DAEE (1975) em 100 poços. Concluiu, que a qualidade da água subterrânea é em geral boa no aquífero sedimentar e cristalino, sendo na maioria dos casos, a água na sua origem adequada para consumo doméstico, industrial e agrícola.

ROSS (1981), realizou um estudo sobre a "qualidade" das águas subterrâneas no espaço urbano da Grande São Paulo" baseando-se sobre as análises químicas de água efetuadas a pedido dos proprietários de poços pelo Instituto Adolfo Lutz, órgão ligado à Secretaria de Estado da Saúde. Chegou à conclusão, que a primeira causa da "não potabilidade" destas águas era o teor excessivo de ferro e a segunda o teor excessivo de nitratos ou de Coliformes.

PARISOT (1983), estudou as "características químicas das águas subterrâneas no centro-oeste do Município de São Paulo", concluindo, que as mesmas apresentam qualidade química satisfatória para o consumo humano.

Quiseramos estabelecer um programa de amostragens de poços tubulares com coluna geológica conhecida para análise e caracterização da qualidade da água subterrânea na área de estudo e estabelecer possíveis correlações com fontes de poluição ou contaminação. Dificuldades de várias ordens impediram tal tarefa. Conseqüentemente, por ser um método simples, rápido e econômico, determinamos alguns dados sobre a condutividade elétrica das águas subterrâneas da área de estudo e procuramos valorizar este trabalho através da discussão dos dados de qualidade e definição da classificação química com base em dados disponíveis.

a. Condutividade Elétrica (σ)

De uma maneira geral, das análises físico-químicas solicitadas pelos proprietários e construtoras de poços aos laboratórios não consta uma característica física, a condutividade elétrica. A determinação desta característica é importante no quadro da proteção das obras de captação e sistemas de abastecimento.

Com base nas técnicas de estudo conhecidas determinamos os dados de condutividade elétrica da água de 89 poços instalados nos aquíferos sedimentar e cristalino. Os valores foram registrados no inventário hidrogeológico (deste consta igualmente a média das condutividades de 3 poços) e colocados sobre um mapa, permitindo o esboço de um desenho de zonas de condutividade elétrica não limitadas segundo o critério estabelecido e constante da legenda (Figura 21 - Anexo).

As condutividades abaixo de 100 μ hos/cm foram determinadas, em geral, em água de poços localizados em áreas elevadas como, os subdistritos da Bela Vista, Cerqueira César, Consolação, Santa Cecília, Sé e Alto da Moóca. Aqui, existem declividades acentuadas o que nos leva a admitir, que as águas infiltradas de origem atmosférica ou provenientes de fugas através da rede pública de abastecimento sofrem escoamento rápido para zonas mais baixas da bacia, o que determina menor tempo de conta-

to com o solo e portanto, menor mineralização destas águas. No que concerne a água com condutividades acima de 100 $\mu\text{mhos/cm}$, os poços estão geralmente localizados em áreas baixas, de possível retenção, de escoamento difícil, o que dá lugar a um maior contato da água com o solo e conseqüente enriquecimento em minerais dissolvidos.

Apenas 1 poço apresenta condutividade acima de 1000 $\mu\text{mhos/cm}$. Esta captação, além de apresentar graves deficiências de construção, situa-se nas proximidades do rio Tamanduateí. Parece-nos, haver contaminação do aquífero a partir desta linha de drenagem, através de uma exploração excessiva, o que pode determinar aquela condutividade.

Parece não haver nenhuma relação entre a condutividade e o tipo de aquífero. Os poços de maior condutividade caracterizam-se por problemas técnicos de construção, localização em áreas baixas inundáveis e próximas de linhas de drenagem. Podemos admitir um contributo de efluentes industriais e outros elementos no acréscimo da mineralização da água subterrânea em áreas específicas.

Em relação aos 92 poços, 19% têm uma condutividade inferior a 100 $\mu\text{mhos/cm}$, 72% de 100 a 500 $\mu\text{mhos/cm}$, 8% de 501 a 1000 $\mu\text{mhos/cm}$ e 1% acima de 1000 $\mu\text{mhos/cm}$. De acordo com alguns valores de condutividade das águas (CASTANY, 1968), 80% da água subterrânea captada naqueles poços e com condutividade de 100 a mais de 1000 $\mu\text{mhos/cm}$ pode ser considerada como potável.

A avaliação dos sólidos totais dissolvidos (STD) cujos valores constam do Inventário hidrogeológico foi feita multiplicando a condutividade elétrica por 0,7.

b. Parâmetros Químicos

Do inventário hidrogeológico constam os seguintes parâmetros químicos:

- Cálcio, varia de 1,60 a 370,00 mg/l
- Magnésio, varia de 4,70 a 204,00 mg/l
- Sódio, varia de 4,70 a 204,00 mg/l
- Potássio, varia de 1,90 a 19,60 mg/l
- Cloretos, varia de 0,50 a 102,00 mg/l
- Sulfatos, varia de 0,000 a 492,00 mg/l
- Bicarbonatos, varia de 10,00 a 210,00 mg/l
- Resíduo seco, varia de 25,00 a 905,00 mg/l
- Dureza total, varia de 6,00 a 460,00 mg/l
- Nitrito, varia de 0,00 a 6,50 mg/l
- Nitrato, varia de 0,00 a 0,20 mg/l
- Dióxido de carbono, varia de 0,00 a 115,00 mg/l
- Ferro, varia de 0,00 a 7,20 mg/l
- pH, varia de 5,00 a 8,90

c. Discussão dos dados de qualidade da água

Para fazermos algumas considerações sobre a qualidade da água subterrânea na área de estudo, restou-nos uma única possibilidade, os dados de análise química e bacteriológica disponíveis no DAEE, nas construtoras e junto dos proprietários dos poços.

Na pesquisa encontramos 18 análises de potabilidade de no DAEE, 70 nas construtoras e apenas 6 análises foram cedidas diretamente pelos proprietários. Estes dados que dizem respeito a elementos maiores e menores foram retirados de fichas de análises elaboradas pelos laboratórios e registrados no inventário hidrogeológico.

Aquelas análises correspondem a 94 poços que foram amostrados de 1960 a 1982. De 1980 a 1982 foram amostrados 23 poços, isto é, 24% do total.

Segundo o laudo dos laboratórios, a água de 25 poços (27%) foi considerada como não potável, enquanto a água de 69 poços (73%) foi considerada como potável.

Vamos analisar as características responsáveis pela não potabilidade da água dos poços mencionados, com base nos padrões de qualidade da Tabela 21. Estes padrões são recomendados pelo Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos, a Organização Mundial da Saúde (Referência: 1) World Health Organization International Standards for Drinking Water, 1968; 2) U.S. Public Health Service Drinking Water Standards, 1962; 3) American Water Association Quality Goals for Potable Water, 1968 e Ministério da Saúde do Brasil, 1977.

Tab.21 - Padrões de Qualidade da Água para Uso Doméstico

Características	Padrão Adotado Faixa ou limite superior
<u>Bacteriológicas</u>	
Coliformes NMP/100 ml	< 2
<u>Físico-Químicas</u>	
Ferro, mg/l, P	0,3 - 1,0
Cloretos, mg/l, Cl	200 - 600
Sulfatos, mg/l, SO ₄	250
Dureza, mg/l, CaCO ₃	100 - 500
Resíduo seco, mg/l	250 - 500
NO ₂ + NO ₃ , mg/l, N	10
Cobre, mg/l, Cu	0,2 - 1,0
Chumbo, mg/l, Pb	0,05- 0,1

- Características bacteriológicas

Dos 94 poços cuja água foi analisada, 8 não atenderam ao limite de 2 < NMP/100 ml para Coliformes. A mais elevada contagem foi de 31. Exatamente, 75% da água contaminada era do aquífero sedimentar e 25% do aquífero cristalino fendilhado.

Quanto a possíveis causas de contaminação bacteriológica, chegamos as seguintes conclusões:

- poços mal locados e conseqüentemente, sujeitos a ação de fontes de contaminação direta;

- poços mal construídos o que permite infiltrações diretas através da boca, do espaço anular e ao longo da parede do revestimento externo;

- ausência de preocupações higiênicas durante a perfuração, operação, manutenção e exploração dos poços.

Vale salientar, quando a contaminação é detetada através de amostras coletadas após a perfuração, se deve considerar a falta de medidas higiênicas com a lama de perfuração, cascalho, revestimento e bombas como a grande responsável. Todos estes elementos devem ser desinfetados antes de serem introduzidos no poço.

- Características químicas

- Ferro

As amostras de água de 15 poços apresentam concentrações de ferro acima de 0,3 mg/l. De acordo com a Tabela 21, a água de 9 poços deve ser considerada apenas menos aceitável, enquanto a água de outros 6 poços deve ser classificada como não potável.

O limite de 0,3 mg/l não deve ser ultrapassado no consumo domiciliar. Para fins industriais, o teor de ferro é limitado entre 0,1 e 0,5 mg/l, face a alguns inconvenientes como incrustações no sistema hidráulico, de refrigeração, de incêndio, em caldeiras e lavagem de tecidos. Alguns processos industriais requerem água desprovida de ferro, como por exemplo, bebidas, alimentos, lavanderia e indústrias têxteis. Algumas indústrias procedem ao tratamento da água ferruginosa, enquanto outras utilizam-na somente para lavagens de pisos.

O excesso de ferro na água não é só prejudicial ao consumidor, também afeta as obras de captação. Constatou-se, que a queda de produção de alguns poços submetidos a serviço de manutenção, era devida a incrustações de ferro nos filtros e nas tubulações.

Na área de estudo, considerando as análises de ferro correspondentes a água de 78 poços, 21% apresentam concentrações de 0,3 mg/l, 10% têm mais de 0,3 mg/l e 9% mais de 1,0 mg/l. Isto quer dizer, que 19% dos poços apresentam concentrações de ferro acima do VMD. Apenas em 4% dos poços não foi detectado ferro. Em 56% o ferro está abaixo de 0,3.

Exatamente, 8 poços estão instalados no aquífero sedimentar, 3 no aquífero cristalino fendilhado, 2 no aquífero misto (sedimentar e cristalino alterado) e 1 no aquífero cristalino alterado. Em relação a 1 poço desconhecemos o tipo de aquífero.

As causas da presença do ferro na água dos poços parecem-nos ser de ordem individual e mista: contato da água com o filtro, a tubulação e a canalização; dissolução do ferro do solo, ajudada pela presença de ácidos resultantes da decomposição da matéria orgânica; locação de poços em antigas áreas pantanosas e posteriormente aterradas; poços mal construídos, onde a exposição dos tubos de revestimento às condições atmosféricas provocando a deterioração dos mesmos, com a queda de lascas de ferro no interior do poço.

O pH e o dióxido de carbono são provavelmente também responsáveis pela corrosão da estrutura do poço e encanamentos. O registro de dados de qualidade de água no inventário hidrogeológico, mostra um poço com uma concentração de ferro de 6,4 mg/l e valores para o dióxido de carbono de 110 mg/l e para o pH de 5,6.

O ferro presente na água extraída dos poços pode ser observado no sistema de abastecimento sob a forma de um barro

de cor ferruginosa, que se deposita nas canalizações e reservatórios.

- Cloretos

A ocorrência de cloretos na água subterrânea pode indicar contaminação através de esgotos sanitários ou despejos industriais em áreas urbanas.

As águas na área de estudo contêm, em geral, baixo teor de cloretos. Em relação a água de 93 poços, 72 têm menos de 25 mg/l e apenas 1 concentração igual a 102 mg/l, portanto, inferior a 200 mg/l. Há quem recomende o teor máximo de 100 mg/l.

- Dureza total

A dureza das águas analisadas é causada por bicarbonatos de cálcio e magnésio. Exatamente, 83 poços apresentam dureza abaixo de 100 mg/l de CaCO_3 , 1 com 100 mg/l de CaCO_3 e 9 no intervalo entre 100 e 500 mg/l de CaCO_3 . A água destes 9 poços deverá ser considerada como menos aceitável.

- Sulfatos

Para suprimento de água potável, os sulfatos não devem exceder os 250 mg/l. A água subterrânea na área de estudo revela-se com concentrações de sulfato menores que 250 mg/l. Apenas 2 poços têm teores acima do padrão recomendado. Não foram identificados sulfatos em 13 poços.

- Resíduo seco

Dá-nos a mineralização total de uma água, que é expressa pela soma dos elementos e das combinações químicas que ela contém. O resíduo seco obtém-se depois da evaporação da água

a temperaturas de 105° ou 110°.

Na área de estudo, 67 poços apresentam resíduo seco inferior a 250 mg/l, 16 entre 250 e 500 mg/l e 2 acima de 500 mg/l. A água de 16 poços pode ser considerada como menos aceitável e a água de 2 poços como não potável.

- Nitrito e Nitrato

As amostras de água, de 4 poços foram considerados como não potáveis devido a excesso de NO_2 (acima de 6,00 mg/l) e 7 devido a excesso de NO_3 (acima de 0,00 mg/l).

A concentração total daqueles elementos ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) expressa em N e que não deve exceder 10 mg/l, não foi registrada em nenhum dos poços analisados.

As análises cedidas pelos proprietários dos poços e pelas construtoras não consideram as substâncias tóxicas, cuja presença é de admitir em quantidades progressivas na água subterrânea da região de São Paulo, como consequência da atividade urbana e industrial. Segundo o DAEE (1975), não foram encontradas concentrações significativas de cromo e chumbo em nenhuma água de poço na Grande São Paulo. Somente 1 poço apresenta conteúdo excessivo de cobre 2,7 e 1,8 mg/l para testes realizados, enquanto outros 2 revelaram quantidades de cobre de 0,6 e 0,5 mg/l. Uma análise a que tivemos acesso (datada de Abril de 1982) e referente a 1 poço situado na área industrial paulistana, subdistrito do Belenzinho, acusou na água a presença de chumbo com uma concentração de 0,3 mg/l, de cobre com um teor de 12 mg/l e de graxa acima de 1,0 mg/l. Segundo as Normas de Potabilidade da Organização Mundial da Saúde (O.M.S., 1963), este valor é o limite mínimo a partir do qual há contaminação. Este quadro mostra que, à medida que se expande a deterioração ambiental, os riscos da presença de elementos tóxicos na água subterrânea são maiores.

A composição química da água em cada poço está re

presentada no mapa de qualidade (Figura 22-Anexo). A cada poço amostrado e analisado foi associado um símbolo ou diagrama, tendo sido utilizadas como cifras as concentrações de cations (Ca, Mg, Na, K), de anions (SO_4 , Cl, HCO_3); os valores do resíduo seco, dureza total, ferro e dióxido de carbono. Em poços muito próximos e por questão de facilidade de colocação do símbolo sobre o plano, desenhamos um só diagrama com as médias das concentrações das características indicadas. Esta representação permite visualizar no espaço a composição química pontual da água subterrânea na área de estudo. A análise do mapa parece não indicar nenhuma área particular onde ocorra poluição ou contaminação da água através dos parâmetros indicados, exceptuando o ferro, cujas maiores concentrações se situam nos subdistritos do Pari, Belenzinho e Tatuapé.

d. Classificação química das águas

Para obtermos informações sobre a composição química das águas subterrâneas na área de estudo adotamos dois tipos de classificação:

- Classificação simples

Com base nas variações do resíduo seco, dureza total e pH, tem-se:

a) Para o resíduo seco

1. 100% da água é doce

b) Para a dureza total

1. 91% da água é branda e algo dura
2. 6% da água é dura
3. 3% da água é muito dura

c) Para o pH

1. 80% da água tem tendência ácida ($\text{pH} < 7$)

2. 20% da água tem tendência alcalina ($\text{pH} > 7$)

- Classificação de Piper

Com base em 32 análises completas expressas em mg/l, Tabela 22, através de um programa de computação do IG-USP, as quantidades em reação foram convertidas em meq/l, Tabela 23 e porcentagem de milequivalente, Tabela 24.

Sobre dois triângulos equiláteros foram plotadas as concentrações dos ions, isto é, sobre um primeiro triângulo estão representados os anions SO_4 , $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ e Cl (Figura 23) e sobre um segundo os três principais cations Mg, Ca e Na + K (Figura 24).

A posição dos pontos representativos dos anions e dos cations sobre os diagramas triangulares, permite classificar o tipo de água representado. Delimitando os dois triângulos em setores, verifica-se, que os anions e os cations se situam respectivamente, no setor bicarbonatado e misto. Logo, as águas subterrâneas na área de estudo são do tipo bicarbonatado misto.

1.4.10. Uso água subterrânea

O abastecimento de água potável à cidade de São Paulo é feito através de recursos hídricos superficiais, complementado pela exploração de água subterrânea por poços tubulares a nível particular.

A pesquisa sobre o uso atual da água subterrânea revela, que a complementação pode ser assim esquematizada:

- Exploração para uso paralelo com a água da rede pública, sem mistura (35%).

- Exploração para uso com mistura da água da rede

Tab. 22 - Dados de Qualidade em (mg/l) e (µmhos/cm)

ANST	E	LOC	DATA	T	RESYST	PM	RS	CA	NO	NA	K	CL	SO4	CO3	HCO3	NO3	DUR	TAC
93	2	CERQUE	0/13	0.	0.0	5.9	25.0	4.0	1.7	11.2	2.7	4.0	4.8	0.0	10.0	0.0	6.0	0.0
6	2	CONSOL	0/11	0.	37.0	5.0	16.0	4.0	5.0	8.4	5.9	6.0	3.3	0.0	20.0	0.0	10.0	0.0
13	2	MOOCA	0/64	0.	0.0	6.9	49.0	3.0	1.0	13.6	0.0	15.0	60.0	0.0	26.0	0.0	14.0	0.0
36	2	STACEZ	0/10	0.	0.0	6.2	52.0	21.4	5.5	13.7	3.5	2.0	2.9	0.0	16.0	0.0	26.0	0.0
62	2	ALMOOC	0/11	0.	0.0	6.2	55.9	6.0	6.7	8.6	2.8	6.0	3.9	0.0	30.0	0.0	14.0	0.0
46	2	ALMOOC	0/59	0.	0.0	5.0	61.0	10.0	3.4	5.2	2.8	3.0	10.0	0.0	24.0	0.0	14.0	0.0
63	2	VGUILH	0/11	0.	410.0	8.7	68.0	6.0	3.4	6.2	1.9	6.0	2.5	0.0	26.0	0.0	10.0	0.0
88	2	MOOCA	0/11	0.	43.8	5.0	72.0	29.0	1.6	25.0	19.6	2.0	22.0	0.0	34.0	0.0	30.0	0.0
60	2	LIBERO	0/15	0.	0.0	6.2	84.0	10.0	6.8	13.4	3.8	7.5	10.8	0.0	38.0	0.0	18.0	0.0
44	2	VGUILH	0/10	0.	397.7	7.0	93.0	4.0	1.7	6.6	1.6	3.0	3.3	0.0	62.0	0.0	6.0	0.0
27	2	CONSOL	0/10	0.	135.9	6.5	93.0	20.0	1.7	4.9	2.6	5.0	5.2	0.0	70.0	0.0	22.0	0.0
49	2	CAMBUJ	0/10	0.	0.0	6.6	97.0	14.0	11.7	6.4	2.9	3.0	2.0	0.0	64.0	0.0	28.0	0.0
332	2	ALMOOC	0/10	0.	0.0	6.3	108.0	14.0	20.2	17.3	6.4	4.0	31.0	0.0	60.0	0.0	38.0	0.0
333	2	CAMBUJ	0/69	0.	0.0	8.7	108.0	3.0	1.7	18.2	5.1	4.0	80.0	0.0	70.0	0.0	8.0	0.0
58	2	TUCURU	0/8	0.	0.0	8.5	112.0	30.0	19.5	22.6	6.7	30.0	4.0	0.0	12.0	0.0	52.0	0.0
43	2	VGUILH	0/10	0.	305.5	6.0	115.0	8.0	1.7	6.9	2.3	8.0	43.6	0.0	32.0	0.0	10.0	0.0
326	2	BRAS	0/11	0.	0.0	6.5	118.0	16.0	16.9	7.2	3.1	4.0	3.7	0.0	80.0	0.0	36.0	0.0
54	2	BRAS	0/12	0.	256.3	5.3	119.0	9.0	1.7	11.4	2.8	12.0	12.0	0.0	100.0	0.0	10.0	0.0
336	2	VMARIA	0/13	0.	220.0	8.7	126.0	8.0	3.3	11.7	2.9	3.0	10.4	0.0	76.0	0.0	12.0	0.0
28	2	STACEZ	0/10	0.	88.6	5.5	133.0	19.7	5.3	14.9	4.3	5.0	3.7	0.0	50.0	0.0	26.0	0.0
25	2	CONSOL	0/10	0.	160.3	6.8	136.0	50.0	5.7	5.9	2.4	7.0	6.0	0.0	80.0	0.0	38.0	0.0
48	2	CONSOL	0/10	0.	0.0	6.2	139.0	15.0	5.1	5.4	2.7	102.0	3.9	0.0	20.0	0.0	22.0	0.0
47	2	MOUCA	0/12	0.	0.0	0.0	141.0	20.0	2.4	10.3	2.1	17.0	1.6	0.0	90.0	0.0	30.0	0.0
9	2	BRETER	0/12	0.	76.1	5.0	164.0	20.0	28.5	11.4	3.3	5.0	1.7	0.0	56.0	0.0	54.0	0.0
356	2	ALMOOC	0/32	0.	174.8	6.4	171.0	15.0	0.9	22.6	16.1	6.0	0.5	0.0	36.0	0.0	44.0	0.0
45	2	PARI	0/69	0.	652.6	7.1	272.0	49.0	3.0	56.0	3.2	30.0	16.0	0.0	184.0	0.1	136.0	0.0
75	2	BRAS	0/16	0.	273.1	6.6	320.0	62.0	13.1	127.5	19.2	20.5	116.0	0.0	88.0	0.0	80.0	0.0
34	2	BRAS	0/19	0.	338.8	6.6	349.0	35.2	1.4	69.0	16.0	39.0	76.9	0.0	76.0	0.0	94.0	0.0
89	2	VGUILH	0/11	0.	470.0	8.4	392.0	67.0	11.7	204.0	13.5	40.5	360.0	0.0	146.0	0.0	76.0	0.0
84	2	BELENZ	0/10	0.	479.1	5.2	426.0	31.2	0.5	16.4	4.3	34.0	34.8	0.0	26.0	0.0	130.0	1.0
400	2	BELENZ	0/15	0.	0.0	5.6	749.0	13.2	1.3	50.0	0.0	48.0	3.0	0.0	22.0	0.1	74.0	0.0
337	2	VMARIA	0/15	0.	0.0	6.6	705.0	170.0	7.6	30.6	5.5	40.0	492.0	0.0	116.0	0.0	460.0	0.0

Tab.23 - Dados de Qualidade em meq/l

RCA	RMG	RNA	RK	RCL	RSQ4	RCO3	RHC03	RNO3	RCAT	RANI	BAL	ERRO
0.20	0.14	0.49	0.07	0.11	0.10	0.00	0.16	0.00	0.90	0.38	-0.52	-40.79
0.20	0.41	0.37	0.10	0.17	0.07	0.00	0.33	0.00	1.08	0.57	-0.51	-31.08
0.15	0.08	0.59	0.00	0.42	1.25	0.00	0.43	0.00	0.82	2.10	1.27	43.63
1.07	0.45	0.60	0.09	0.06	0.06	0.00	0.26	0.00	2.21	0.38	-1.83	-70.67
0.30	0.55	0.37	0.07	0.17	0.08	0.00	0.49	0.00	1.30	0.74	-0.55	-27.18
0.50	0.28	0.23	0.07	0.08	0.21	0.00	0.39	0.00	1.08	0.69	-0.39	-22.14
0.30	0.28	0.27	0.05	0.17	0.05	0.00	0.43	0.00	0.90	0.65	-0.25	-16.18
1.40	0.13	1.09	0.50	0.06	0.46	0.00	0.56	0.00	3.12	1.07	-2.05	-48.84
0.50	0.56	0.58	0.10	0.21	0.22	0.00	0.62	0.00	1.74	1.06	-0.68	-24.28
0.20	0.14	0.29	0.09	0.08	0.07	0.00	1.02	0.00	0.72	1.17	0.45	23.88
1.00	0.14	0.21	0.07	0.14	0.11	0.00	1.15	0.00	1.42	1.40	-0.02	-0.74
0.70	0.96	0.28	0.07	0.08	0.04	0.00	1.05	0.00	2.01	1.18	-0.84	-26.29
0.70	1.66	0.75	0.16	0.11	0.65	0.00	0.98	0.00	3.28	1.74	-1.53	-30.58
0.30	0.14	0.79	0.16	0.11	1.67	0.00	1.15	0.00	1.39	2.93	1.54	35.68
1.50	1.52	0.98	0.17	0.85	0.08	0.00	0.20	0.00	4.17	1.13	-3.05	-57.50
0.40	0.14	0.39	0.06	0.23	0.91	0.00	0.52	0.00	0.98	1.66	0.67	25.46
0.80	1.38	0.31	0.08	0.11	0.08	0.00	1.31	0.00	2.57	1.50	-1.07	-26.30
0.40	0.14	0.50	0.07	0.34	0.27	0.00	1.64	0.00	1.11	2.24	1.14	33.95
0.40	0.27	0.51	0.07	0.08	0.22	0.00	1.25	0.00	1.25	1.55	0.29	10.46
0.98	0.44	0.65	0.11	0.14	0.08	0.00	0.82	0.00	2.18	1.04	-1.14	-35.45
1.50	0.55	0.26	0.06	0.20	0.12	0.00	1.31	0.00	2.37	1.63	-0.73	-18.32
0.80	0.42	0.23	0.07	2.88	0.08	0.00	0.33	0.00	1.52	3.29	1.76	36.69
1.00	0.69	0.45	0.05	0.48	0.03	0.00	1.48	0.00	2.19	1.99	-0.20	-4.85
1.00	2.34	0.50	0.08	0.14	0.04	0.00	1.41	0.00	3.92	1.59	-2.34	-42.41
0.80	0.07	0.98	0.41	0.17	0.01	0.00	0.59	0.00	2.27	0.77	-1.50	-49.32
2.45	0.25	2.44	0.13	0.85	0.33	0.00	3.02	0.00	5.26	4.20	-1.06	-11.25
3.09	1.24	5.55	0.49	0.58	2.42	0.00	1.44	0.00	10.37	4.44	-5.94	-40.09
1.76	0.15	3.00	0.36	1.10	0.56	0.00	1.25	0.00	5.26	2.91	-2.36	-28.87
3.09	0.96	8.87	0.47	1.14	7.50	0.00	2.39	0.00	13.40	11.03	-2.37	-9.71
2.55	0.04	0.71	0.11	0.96	0.72	0.00	0.43	0.00	3.42	2.11	-1.31	-23.69
0.76	0.44	1.30	0.00	1.35	0.06	0.00	0.46	0.00	2.50	1.88	-0.62	-14.23
18.46	6.22	1.33	0.17	1.13	10.24	0.00	1.90	0.00	26.18	13.27	-12.91	-32.71

Tab. 24 - Dados de Qualidade em porcentagem de meq/l

PCA	PMG	PNA	PK	PCL	PSO4	PCO3	PHCO3	PNO3
22.28	15.51	54.39	7.71	29.95	26.53	0.00	43.52	0.00
18.55	38.22	33.96	9.27	29.91	12.15	0.00	57.95	0.00
18.18	9.99	71.84	0.00	20.16	59.53	0.00	20.31	0.00
48.41	20.51	27.02	4.06	14.88	15.93	0.00	69.19	0.00
23.10	42.51	28.86	5.53	22.80	10.94	0.00	66.26	0.00
46.36	25.93	21.01	6.55	12.33	30.34	0.00	57.33	0.00
33.37	31.16	30.06	5.42	26.14	8.04	0.00	65.82	0.00
44.82	4.22	34.88	16.08	5.25	42.74	0.00	52.00	0.00
28.71	32.17	33.53	5.59	19.97	21.23	0.00	58.80	0.00
27.78	19.46	39.95	12.81	7.23	5.87	0.00	86.89	0.00
70.41	9.36	15.04	4.69	10.10	7.75	0.00	82.15	0.00
34.70	47.79	13.83	3.68	7.20	3.54	0.00	89.26	0.00
21.32	50.71	22.97	5.00	6.48	37.06	0.00	56.46	0.00
21.59	10.08	57.08	11.25	3.86	56.93	0.00	39.21	0.00
35.87	36.46	23.56	4.11	75.14	7.40	0.00	17.47	0.00
40.53	14.19	39.30	5.97	13.61	54.76	0.00	31.64	0.00
31.04	53.71	12.17	3.08	7.51	5.13	0.00	87.35	0.00
36.08	12.63	44.82	6.47	15.08	11.84	0.00	73.04	0.00
31.84	21.55	40.60	5.92	5.47	14.00	0.00	80.53	0.00
45.15	20.02	29.77	5.05	13.59	7.42	0.00	78.99	0.00
63.27	23.29	10.85	2.59	12.06	7.65	0.00	80.27	0.00
52.46	27.56	15.44	4.54	87.55	2.47	0.00	9.96	0.00
45.56	31.54	20.45	2.45	24.12	1.68	0.00	74.21	0.00
25.45	59.76	12.64	2.15	8.89	2.23	0.00	88.88	0.00
35.21	3.26	43.36	18.15	21.98	1.35	0.00	76.66	0.00
46.48	4.69	46.30	2.53	20.16	7.94	0.00	71.86	0.04
29.83	11.97	53.47	4.73	13.03	54.45	0.00	32.52	0.00
33.37	2.81	57.02	6.90	37.85	19.28	0.00	42.87	0.00
23.08	7.18	66.21	3.53	10.35	67.95	0.00	21.69	0.00
74.72	1.20	20.36	3.22	45.45	34.35	0.00	20.20	0.00
30.35	17.44	52.21	0.00	72.13	3.33	0.00	24.40	0.09
70.53	23.75	5.03	0.64	3.50	77.13	0.00	14.32	0.00

Fig. 23 - Classificação das Águas no Diagrama de Piper. Concentração dos ânions.

Fig. 24 - Classificação das Águas no Diagrama de Piper. Concentração dos cations.

pública (45%).

- Exploração para uso alternado com a água da rede pública (10%).

- Uso exclusivo de água de poço (10%).

Na área de São Paulo, entre os consumidores de água subterrânea destacam-se os condomínios residenciais e comerciais, os hospitais, os hotéis, as indústrias, os clubes recreativos, os balneários, as escolas municipais, as repartições públicas e outros.

Os consumidores no uso dos recursos hídricos subterrâneos através de poços tubulares empregam comumente sistemas de abastecimento com as seguintes unidades: captação, adução, reservatório e distribuição. A água é captada através de bomba submersa ou compressor e aduzida desde a captação até ao local de consumo. Neste trajeto a água é armazenada em reservatórios apoiados (ao nível do terreno, enterrados ou semi-enterrados) e elevados (torres de água e reservatórios colocados no topo dos edifícios).

No uso da água subterrânea para complementação da água da rede pública a mistura tem lugar nos reservatórios apoiados ou elevados. No uso paralelo, sem mistura, as águas são lançadas em reservatórios separados, sendo na maioria dos casos, as águas subterrâneas canalizadas para o reservatório central e a água da rede pública lançada em reservatórios apoiados de pequena altura ou bombeada diretamente para os pontos de consumo. No uso exclusivo da água subterrânea, o sistema de abastecimento é monopolizado para este consumo.

Concluindo, a água subterrânea é em geral bombeada para o reservatório apoiado e depois recalçada para o reservatório elevado e daqui aduzida por gravidade para os pontos de consumo através de uma rede de distribuição, consistindo esta, numa tubulação tronco e tubulações secundárias.

a. Tipos de tratamento

São poucos os sistemas de abastecimento de água subterrânea com tratamento. Somente a água de 13 poços ou seja, 7% dos que estão em exploração possuem alguma forma de tratamento, visando a eliminação de impurezas, a desinfecção da água e a correção da cor, odor, sabor, dureza e ferro. As preocupações com o tratamento da água subterrânea consumida são freqüentes sobretudo nas indústrias alimentares, de bebidas e têxteis.

É opinião geral dos usuários, quando a água de poço é misturada a água da rede pública, que o cloro residual desta é suficiente para eliminar qualquer contaminação bacteriológica que possa ocorrer na água de poço. Consequentemente, isto dispensa qualquer tratamento prévio da água subterrânea. Porém, se considerarmos que em muitos casos aquela mistura é da ordem de 90% de água de poço e 10% de água da rede pública, face a esta desproporção porcentual, parece-nos, que o cloro residual não é suficiente para eliminar uma contaminação da água de poço. Atendendo às deficiências de construção dos poços, locação em meio insalubre e ausência de uma manutenção preventiva, a água de poço deve ser submetida a uma desinfecção antes do consumo.

Num sistema de abastecimento é extremamente importante a limpeza dos reservatórios. Na área de estudo, por negligência ou dificuldades de operação, os reservatórios não são limpos com freqüência o que determina por vezes a contaminação bacteriológica da água que está sendo bombeada do poço. Na nossa pesquisa constatamos, que 25% dos reservatórios instalados no sistema de abastecimento através de água subterrânea são limpos de seis em seis meses, 30% de ano a ano e 45% de dois em dois anos. Verifica-se um tempo mínimo de seis meses e um máximo de dois anos de intervalo na limpeza dos reservatórios. As unidades industriais são as menos preocupadas com este tipo de limpeza, sobretudo, quando a água não se destina ao consumo humano.

b. Tipos de uso

No que concerne ao uso de água subterrânea na região de São Paulo e de acordo com a atividade do usuário estabelecemos os seguintes tipos:

- Uso domiciliar ou doméstico

Bebida

Culinária

Higiene (banhos e descarga de aparelhos sanitários)

Lavagem de instalações

Rega de jardim

Lavagem de roupa

Lavagem de veículo

- Uso público

Clubes recreativos (piscinas)

Saunas e outras formas de lazer

Fontes e lagos ornamentais

Irrigação de jardins

- Uso comercial

Escritórios, estabelecimentos bancários e de ensino

Jornais, hotéis e hospitais

Mercados e armazéns

Postos de serviço (lavagem e lubrificação)

- Uso industrial

Água para uso pessoal

Água como matéria prima

Água para uso geral

Água usada no processamento

Naquela classificação, o uso domiciliar da água através da bebida, na higiene, lavagem de instalações, rega de jardim e lavagem de veículos está presente em maior ou menor grau nos outros tipos de uso.

Na área de estudo, inicialmente, o consumo da água subterrânea deveu-se a três razões:

- 1º. Demanda de grandes volumes de água.
- 2º. Conveniência econômica.
- 3º. Possibilidade de usar água de melhor qualidade.

Há uns anos atrás, a rede de abastecimento público não servia todos os subdistritos da região de São Paulo, levando os condomínios, as indústrias e outros a fazer uso de água de poço. Naquelas áreas servidas pela rede os volumes aduzidos eram pequenos, o que determinou a atividade industrial que necessitava de mais água, o recurso às águas subterrâneas para complementar a água da rede pública.

Atualmente, face aos custos elevados do metro cúbico de água da rede pública, as razões do consumo da água subterrânea são:

- 1º. Conveniência econômica.
- 2º. Demanda de grandes volumes de água.
- 3º. Possibilidade de usar água de melhor qualidade.

Nos condomínios residenciais e comerciais, na atividade hospitalar e nas indústrias de alimentos e bebidas as razões do consumo podem ser assim enumeradas:

- 1º. Possibilidade de usar água de melhor qualidade.
- 2º. Conveniência econômica.

Naqueles lugares onde se verifica o consumo de água subterrânea, quer misturada com a água da rede pública, quer exclusivamente, procuramos definir os valores "per capita" baseados nas pesquisas que foram feitas junto dos usuários dos poços. Tem-se:

Uso doméstico.....60 a 100 litros
 Uso comercial - industrial.....20 a 50 litros
 Uso público.....20 a 25 litros

Vários fatores afetam o consumo de água na cidade de São Paulo, destacamos o clima e os hábitos higiênicos. Na estação fria há uma queda no consumo, o que não sucede quando a temperatura é mais elevada. Aquele quadro mostra para cada uso uma faixa que engloba as variações do consumo de acordo com as estações do ano e segundo os costumes higiênicos.

Em relação aos 162 poços em exploração permanente, os volumes de água subterrânea consumidos nos vários tipos de usos podem ser discriminados de acordo com a Tabela 25.

Tab. 25 - Volumes de Água Subterrânea Consumidos

Uso	Vazão m ³ /ano	Nº de poços	%
Domiciliar	856.094	18	11
Público	550.800	15	9
Comercial	904.052	29	18
Industrial	<u>5.830.106</u>	<u>100</u>	<u>62</u>
Total	8.141.052	162	100

A Tabela mostra um consumo anual de oito milhões de metros públicos de água dos quais 38% é para uso domiciliar, público e comercial e 62% para uso industrial.

O consumo de água na atividade industrial cresce

diariamente, o que leva as indústrias a procurarem novas fontes de água e a custos baixos. Com efeito, algumas unidades industriais na cidade de São Paulo dispõem de três fontes de água: a água da rede pública de abastecimento, a água de poço tubular e a água de rios e córregos. Esta última fonte é somente utilizada no processamento.

Na área de estudo a água subterrânea é usada nos seguintes tipos de indústrias:

- Alimentícias
- Bebida
- Textil
- Metalúrgica
- Pneus
- Produtos vários (balanças e rochas metálicas)
- Açúcar e café
- Tinturaria e Lavanderia
- Vidreira
- Motores e turbinas
- Fotográfica
- Móveis metálicos
- Equipamento para veículos a motor

No uso industrial, a água subterrânea complementando a água da rede pública de abastecimento funciona como matéria prima, isto é, aparece no produto final (biscoitos, leite, cerveja, refrigerantes e vermouths), no uso geral (refrigeração de máquinas, produção de vapor, sistema de incêndio, uso pessoal, higiene e cozinha) e no processamento (fiação, tinturaria, galvanoplastia, banho de metais, revelação de filmes fotográficos, preparação de fumo, umidificação do café, fundição, laminação e outros).

O volume de água consumido por aqueles tipos de indústrias é variável. Quisemos elaborar uma relação completa dos consumos de água, mas isso não foi possível por dificuldades encontradas na pesquisa. Dispomos somente de dados relativos a

quatro tipos de indústrias:

- Lavanderias100 m³ por tonelada de roupa
- Cervejaria.....1 m³ por 200 garrafas de 600 ml
- Leite.....2 m³ por 1 m³ do produto
- Texteis.....1000 m³ por tonelada de tecido

De acordo com o quadro as indústrias texteis são aquelas que consomem maiores volumes de água.

C A P Í T U L O V

PROTEÇÃO DE CAPTAÇÕES E AQUÍFEROS

1. INTRODUÇÃO

Antes de entrar ao assunto que nos propomos abordar, há que precisar três conceitos: prevenção, proteção e controle.

A prevenção - consiste em tornar inoperante uma ação geradora de poluição ou de contaminação ou pelo menos limitar os seus efeitos.

A proteção - consiste em impedir que um elemento poluente ou contaminante, se produza ou se propague num perímetro definido, onde as qualidades naturais da água subterrânea são de conservar.

O controle - consiste em análises de rotina para levantamento das características da água.

Reconciliar o desenvolvimento com o meio ambiente é mostrar que os investimentos em proteção têm retorno garantido. Esta tem sido uma das preocupações constantes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA-.

Para a maior parte das nações, a necessidade mais imediata é o desenvolvimento econômico e industrial, a fim de tirar suas populações da pobreza. A contaminação e os danos ao meio ambiente parecem ser uma consequência inevitável da luta por uma vida melhor. Assim, investir na proteção do meio ambiente pode parecer uma extravagância e algo inútil.

O relatório do PNUMA (in Revista Engenharia Sanitária, 1981) rejeita tais pontos de vista. "O custo das medidas de proteção ao ambiente é mais do que ressarcido pelos benefícios" - afirma o relatório. Em um capítulo especialmente dedicado às causas econômicas do meio ambiente, o relatório adverte que o custo do controle da poluição e da proteção das fontes naturais, é bem menor que os danos causados à economia pela polui

ção e perdas de fontes naturais. Segundo este relatório, nos países desenvolvidos, os custos das medidas de proteção ambiental estão estimados entre 1 a 2% do seu Produto Interno Bruto (PIB). A maior parte deste dinheiro é gasto no controle da poluição e na proteção das fontes naturais.

Alguns dos atentados contra o meio ambiente são dramáticos, como por exemplo, a contaminação das mananciais superficiais. Um outro problema que vem sendo negligenciado é o das águas subterrâneas, o mais rico reservatório hídrico doce do Mundo. Em termos de volume, representam 97,8% do total de água líquida doce existente na crosta terrestre, contra 2,2% distribuída pelos rios, lagos e pântanos. Aquele volume é tão considerável, que seu esgotamento é praticamente impossível. No entanto, é fácil contaminá-lo e torná-lo inutilizável.

O subsolo foi transformado num receptáculo para todo o refugo da sociedade humana, desde os dejetos caseiros, até aos efluentes industriais. Instalações de depósitos de produtos tóxicos estão sendo autorizados nas formações geológicas, enquanto escavações subterrâneas são feitas com explosivos nucleares, contaminando deste modo os recursos hídricos subterrâneos. Consequentemente, este patrimônio hidrológico corre o risco de uma redução do seu volume, sobretudo devido a uma diminuição de sua qualidade. Com efeito, uma vez contaminadas, as águas subterrâneas podem estar permanentemente perdidas, pelo menos a curto e médio prazos. Quando identificada a contaminação subterrânea, geralmente, é tarde para adotar medidas com possibilidade de êxito. Como é mais fácil e econômico prevenir do que remediar, é aqui que intervém a função do hidrogeológico: propor medidas de proteção das obras de captação e de controle das características da água e dos aquíferos.

Nos países onde se pratica uma atividade hidrogeológica estratégica, onde a pesquisa é um fator dominante, isto é, as preocupações com a localização, as técnicas de construção, os serviços de manutenção, os perímetros de proteção de poços, assim como a gestão e regulamentação das explorações, são muito

grandes.

No caso específico da cidade de São Paulo, não existem programas de prevenção, proteção e controle das águas subterrâneas, visando medidas anticontaminação. Isto é especialmente importante para aquíferos e captações que servem para abastecimento domiciliar, comercial e público, a fim de evitar que os diferentes contaminantes alcancem a água em exploração. Na área de estudo estamos em face de uma atividade extrativa, onde o objetivo é a venda comercial do poço e a exploração do mesmo até a exaustão.

No caso de um acidente nuclear ou de um ato de sabotagem, as águas subterrâneas seriam o manancial disponível para suprir as necessidades básicas da cidade, até que se consiga uma alternativa de abastecimento. Além de complementarem a água da rede pública, constituem um recurso estratégico de vital importância, donde, a proteção é uma tarefa imprescindível e inadiável.

Abordaremos aqui a necessidade da proteção sanitária, os aspectos construtivos e as questões referentes ao abandono, desativação e manutenção de poços.

2. NECESSIDADE DA PROTEÇÃO SANITÁRIA

Um planejamento de uso das águas subterrâneas não poderá ser posto em prática, se não forem tomadas medidas de prevenção e controle dos recursos disponíveis. Feita a prevenção e o controle, teremos a preservação ou proteção do aquífero nos seus aspectos quantitativos e qualitativos.

A contaminação de um aquífero faz-se de modo direto ou indireto. A nossa atenção incidiu sobre as causas responsáveis pela contaminação direta, isto é, sobre aquelas decorrentes das deficiências de construção dos poços.

Dos poços controlados no terreno, constatamos, que 55% estão bem construídos e 45% apresentam deficiências técnicas que são extremamente graves, sobretudo, quando o volume de água extraída se destina ao consumo humano, hospitalar, hoteleiro e às indústrias alimentícias e de bebidas. No que concerne ao primeiro grupo de poços, 100% não possuem uma laje de proteção segundo as especificações da ABNT (1977), isto é, "a laje de proteção deverá ter uma área não inferior a 3 m^2 , distribuída simetricamente em torno do poço e uma espessura mínima de 10 cm".

Dentre as deficiências técnicas destacamos aquelas que foram observadas no terreno: falta de cimentação (selo de vedação ou sanitário), de laje de proteção e de tampa. Estas características são necessárias num projeto de construção de um poço tubular para captação de água subterrânea. Formam no conjunto a proteção sanitária que impede, que o poço seja um veículo de contaminação direta do aquífero através da penetração de águas superficiais contaminadas ou de infiltrações nos terrenos com nível estático raso.

3. ASPECTOS CONSTRUTIVOS PARA UMA BOA PROTEÇÃO SANITÁRIA

Dentre os aspectos construtivos responsáveis por uma boa proteção sanitária vamos analisar a locação, a cimentação, a laje de proteção e a tampa, pondo em evidência e ilustrando-se através de fotografias, as deficiências que podem afetar a qualidade da água subterrânea na área de estudo, em particular, e na Região Metropolitana da Grande São Paulo, em geral.

3.1. Locação

De acordo com as condições específicas da ABNT (1977), a locação de um poço deve obedecer as seguintes condições mínimas:

- Distância de prédios e estruturas em geral, es-

cavações, galerias e canais: 5 m.

- Distância de fossas sépticas, canalizações de esgoto, unidade para tratamento de esgoto: 15 m.

- Distância de privadas secas, fossas negras, linhas de irrigação, subsuperficial, lagos e valos de oxidação, esterqueira: 30 m.

Em São Paulo, a locação de um poço dificilmente pode atender aquelas condições preconizadas pela ABNT (1977), face ao caótico desenvolvimento urbano e industrial. Conseqüentemente, é comum a construção de poços em áreas onde se situam fontes potenciais de poluição. O mapa da Figura 25-Anexo, permite visualizar a região da cidade de São Paulo onde estão locados os poços inventariados (exceptuando os poços não observados e não localizados) e aquelas fontes (cemitérios, postos de serviço, indústrias, terrenos de inundações, lixões e linhas de drenagem-córregos e os rios Tietê e Tamanduateí).

Não se dispõem de elementos que atestem uma poluição ou contaminação efetiva da água subterrânea a partir daquelas fontes. Face a ausência de medidas protetoras das captações e aquíferos, admitimos, que a qualidade da água subterrânea na área de estudo corre sérios riscos.

Duas fontes potenciais de poluição devem merecer toda a atenção, visto as mesmas nunca terem sido consideradas nas políticas de planejamento ambiental, referimo-nos aos postos de serviço e aos cemitérios. Estes dois tipos de construção, durante o período de utilização podem constituir um sério problema ambiental, visto não existir legislação que regule a construção dessas estruturas no que concerne à proteção das águas subterrâneas.

- Postos de Serviço

O mapa da Figura 25-Anexo, registra na área de

estudo 185 postos de serviço (este número deve ser superior a 200, considerando os postos não cadastrados e aqueles que são propriedade de órgãos oficiais), o que dá aproximadamente, 2 postos por km² e 1 posto por cada poço em exploração. Segundo ALBINET (1965), 1 litro de gasolina contamina 1 a 5 m³ de água. Se considerarmos, que os tanques de gasolina e diesel colocados em buracos de 3 m de profundidade abaixo do pavimento do posto, estão em contato direto com o solo ou o nível freático, os processos de corrosão são inevitáveis, determinando fugas através das áreas afetadas. Por outro lado, os vazamentos provenientes do enchimento dos tanques dos veículos são canalizados para a rede pluvial e daí passam para o solo através de pontos de rutura. Conseqüentemente, é de admitir, ao longo do tempo, uma propagação vertical até ao nível freático e posteriormente, um deslocamento segundo o fluxo da água subterrânea.

As fugas de combustíveis líquidos a partir de depósitos enterrados para além de constituírem um problema de saúde e segurança, visto que ocorrem junto a zonas habitadas, são uma das principais causas de contaminação das águas subterrâneas nas cidades européias e norte-americanas.

- Cemitérios

Na área de estudo e de acordo com o mapa da Figura 25-Anexo, estão registrados 4 cemitérios. Estas estruturas permanentes estão hoje envolvidas pela cidade, algumas das quais se situam na zona central da cidade. Centenas de milhares de pessoas vivem nas suas imediações, sendo obrigadas a presenciarem diariamente estes lugares que exercem sobre elas impactos físicos e psicológicos.

O impacto físico mais importante é a possível contaminação da água subterrânea por bactérias e vírus patogênicos provenientes da putrefação da matéria orgânica. A análise da Figura 25, permite constatar a localização de poços (construídos posteriormente) nas proximidades dessas estruturas, alguns dos quais estão sendo utilizados na exploração da água para consumo

humano.

Segundo os higienistas franceses, numerosas cidades em França devem sua endemia de febre tifóide à posição de seus cemitérios em relação às águas de alimentação (PERSON, 1979).

Apesar dos cemitérios representados no mapa da Figura 25-Anexo, possuírem construções funerárias abaixo da superfície do solo em concreto, as fraturas produzidas por abatimento do solo e as sepulturas em ruína podem constituir uma fonte de contaminação dos mananciais subterrâneos, visto as mesmas ficarem expostas a infiltrações ou inundações do próprio nível freático ou das águas superficiais.

Vejamos a locação dos poços nos condomínios e unidades industriais, que está sujeita às circunstâncias locais, que muitas vezes não são propícias a proteção da captação e dos recursos hídricos subterrâneos.

- Nos condomínios domiciliares e comerciais

Os poços estão instalados em áreas ajardinadas ou nas garagens com o tubo de revestimento acima ou abaixo do nível do solo ou do pavimento. Aqui, quando não devidamente construídos, estão expostos a contaminação por derivados de petróleo (provenientes dos veículos aí estacionados) e de detergentes não biodegradáveis, que impregnam às águas utilizadas nas lavagens dos pisos.

- Nas unidades industriais

A limitação de espaço determinou: a construção de poços em áreas descobertas, térreas ou pavimentadas (com tubo de revestimento acima da superfície do solo), onde são acumulados lixos, sucatas e embalagens de produtos químicos (Foto nº 1); a construção de poços em áreas cobertas, pavimentadas, por onde transitam permanentemente pessoas e veículos com carga diversa. Aqui, para um melhor aproveitamento de espaço, os poços situam -

Foto nº 1 - Poço locado numa área não pavimentada de uma unidade industrial. Nas imediações do poço são acumulados lixos, sucatas e embalagens de produtos químicos. Verifica-se uma deficiência na laje de proteção.

-se em caixas construídas abaixo do pavimento, as quais estão abertas, fechadas ou parcialmente fechadas por placas de cimento ou de ferro, raramente vedadas. As deficiências de construção da caixa e do poço expõem o aquífero a todo o tipo de poluição ou contaminação direta. Tivemos oportunidade de ver algumas caixas cheias de água escura, oleosa, que exalava mau cheiro, proveniente de escorrências superficiais (águas de chuva e de lavagem de veículos), submergindo totalmente o poço. A falta de dreno na caixa possibilita este acúmulo de água estagnada.

O quadro traçado mostra a falta de consciência sobre a necessidade da proteção do poço, visando, o melhor aproveitamento da formação aquífera no suprimento doméstico, público, comercial e industrial.

3.2. Cimentação

A cimentação é um dispositivo de construção que garante uma boa proteção sanitária. Além de impedir infiltrações superficiais ao longo do espaço anular ou da parte exterior do tubo de revestimento, isola aquíferos com água de má qualidade e protege o revestimento da corrosão e das pressões externas.

Segundo a ABNT (1977) a cimentação é um "processo que consiste em envolver qualquer espaço anular em torno do tubo de revestimento, com argamassa ou pasta de cimento com a finalidade de evitar a passagem de água indesejável ou de proteger o tubo contra a corrosão".

A Foto nº 2, ilustra a situação de muitos poços na área de estudo no que concerne a ausência de cimentação entre os tubos de revestimento externo e interno, permitindo a contaminação direta do poço e aquífero por águas superficiais através do espaço anular. Estamos em face de um poço tecnicamente mal construído onde aquele dispositivo de proteção não foi considerado.

Nos poços com selo sanitário, além do cimento, ou-

Foto nº 2 - Poço sem cimentação entre os tubos de revestimento externo e interno, com este rebaixado de 10 cm no interior daquele. Também se verifica uma deficiência na laje de proteção e uma ausência de tampa.

tro material foi utilizado na vedação, a areia média a grossa. Este elemento foi colocado no espaço anular desde o topo do pré-filtro até a superfície ou para preencher o trecho superior imediatamente acima do isolamento de cimento colocado num trecho inferior. Esta vedação não impermeabilizada não é suficiente para evitar a entrada de águas superficiais ou de subsuperfície.

3.3. Proteção Superior

Como elementos de proteção superior de uma captação destacamos: o tubo de revestimento interno, a laje de proteção e a tampa. Estas características técnicas são deficientes em 45% dos poços localizados na área de estudo.

- Revestimento interno

A foto nº 2, mostra também uma deficiência técnica quanto ao revestimento interno, que se apresenta rebaixado no interior do revestimento externo cerca de 10 cm. Segundo uma análise estatística, em 70% dos poços, o tubo de revestimento interno têm a saliência abaixo da especificação da ABNT (1977) e 30%, acima.

- Laje de proteção

Todo o poço deve possuir uma laje de proteção em concreto envolvendo os tubos de revestimento. Esta laje define uma área de segurança em volta do poço contra inundações, águas de escorrência superficial ou estagnadas. A laje de proteção dos poços situados na área de trabalho não obedece a especificação da ABNT (1977). De uma maneira geral, o cimento é colocado irregularmente sobre o tubo de revestimento externo e envolvendo o revestimento interno ou os dois revestimento, com uma espessura inferior a 5 cm. Esta capa de cimento é facilmente desagregável e removível pela chuva. Na Foto nº 1, esta situação está perfeitamente ilustrada. Uma laje de proteção deficiente envolvendo o tubo de revestimento externo, está em fase de desaparecimento.

Na Foto nº 2, existe à volta da captação um fundo cimentado que não deve constituir uma laje de proteção efetiva, visto a mesma não obedecer às normas técnicas de construção e constituir neste caso um receptáculo de águas sujas, isto é, um meio de contaminação direta do poço e aquífero, cuja penetração é facilitada pela ausência de cimentação no espaço anular e da saliência do tubo de revestimento interno.

- Tampa

Depois de instalado o equipamento de bombeamento, a boca do poço deve ser fechada com uma tampa de ferro, que pode ser fixada por diversos processos. Esta tampa serve para impedir a penetração no interior do poço de corpos sólidos ou de águas contaminadas de origem superficial. Efetivamente, 40% dos poços não tem tampa (Fotos nº 2 e 3) e 60%, têm tampa mal fixada ou deslocada (Foto nº 4). A localização destas captações em caixas abaixo da superfície do pavimento, proporciona nestas, a concentração de águas sujas de origem superficial, que atingem facilmente o interior do poço através da boca, afetando a qualidade da água em exploração.

4. POÇOS ABANDONADOS E DESATIVADOS

Os poços que não estão em exploração foram divididos em dois grupos:

- poços abandonados - aqueles que após a perfuração não foram utilizados para exploração por terem sido considerados sem água ou com vazão horária não compatível com os interesses do proprietário.

- poços desativados - aqueles que foram explorados durante certo período de tempo.

O registro destes poços não deve ser negligenciado. O mesmo é extremamente importante na definição de uma política de

Foto nº 3 - Poço sem tampa na abertura do tubo de revestimento interno, cuja saliência não obedece às especificações da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1977).

Foto nº 4 - Poço com tampa mal fixada e parcialmente deslocada. A
saliência do tubo de revestimento interno não obedece às especificações da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1977).

conservação qualitativa dos recursos hídricos subterrâneos da Região Metropolitana da Grande São Paulo. Conseqüentemente, do inventário hidrogeológico constam 27 poços abandonados e 177 desativados, que foram registrados na área de estudo.

O processo inadequado de abandono e desativação da aqueles poços constitui sério problema no que concerne a proteção das captações e aquíferos. Nos limitaremos a apresentar a realidade através de algumas fotos, sem considerarmos os processos técnicos referentes à vedação.

- Poços abandonados

A Foto nº 5, mostra um poço abandonado, não vedado, isto é, nem aterrado e nem selado na boca, de modo a prevenir qualquer contaminação do manancial subterrâneo e qualquer possibilidade de acidente físico. Exatamente, 40% dos poços abandonados e observados, apresentam este tipo de problema, quando seria aconselhável o proprietário solicitar a colaboração de uma Construtora para efetuar a vedação do poço de forma apropriada.

- Poços desativados

A desativação dos poços registrados deve-se a causas diversas (Tabela 26). Verifica-se, que 48% dos poços foram desativados por queda de vazão, 27% por avarias no equipamento de bombeamento e penetração de areia no poço e 14% por problemas físico-químicos e bacteriológicos. Em relação a 11% dos poços, a desativação deveu-se à transferência da fábrica para outro local, à falência do proprietário e à substituição do consumo de água de poço pela água da rede de abastecimento público. Exatamente, 70% foram desativados com os revestimentos e equipamento de bombeamento (bomba submersa ou encanamentos) e 30% com os revestimentos e sem o equipamento. Quando os poços são desativados, quer os revestimentos, quer os filtros, sofrem um processo de corrosão comportando-se como condutores de contaminação para os aquíferos. A presença da unidade de bombeamento no interior do poço, para além

Foto nº 5 - Poço abandonado sem a adequada vedação (enchimento do tubo de revestimento e selo na boca do poço).

de deteriorar a mesma, afeta a qualidade da água subterrânea desencadeando problemas de ferretização.

Tab. 26 - Causas Responsáveis pela Desativação dos Poços

Causas	Nº de Poços	%
Problemas mecânicos	48	27
Problemas hidráulicos	84	48
Má qualidade da água	25	14
Outros problemas	20	11
Total	177	100

A Foto nº 6 (A e B), mostra dois aspectos de interior de um barracão onde funcionava uma tinturaria. Neste barracão localiza-se um poço tubular desativado (com revestimento e sem o equipamento de bombeamento) em condições inadequadas, exposto a lixo de natureza variada e constituindo um risco real (Foto nº 6-A). Nas imediações do poço situa-se uma mancha de óleo perfeitamente visível na Foto nº 6-B, proveniente da desmontagem de máquinas e que ameaça contaminar o poço e o aquífero.

Como a maioria dos poços desativados no Município de São Paulo constituem um foco de contaminação dos aquíferos, faz-se absolutamente necessário e urgente medidas legais que regulamentem a operação de desativação, como garantia de uma proteção eficaz dos mananciais subterrâneos.

5. MANUTENÇÃO DOS POÇOS

Dentro do quadro de proteção dos poços e aquíferos, a manutenção sistemática e bem planejada, além de assegurar um bom funcionamento, garante a boa qualidade da água em exploração. Com efeito, a ausência de manutenção preventiva do poço desencadeia um processo progressivo de deterioração da estrutura, destacando entre outros problemas, a corrosão da tubulação mui-

Foto nº 6 - (A) Poço desativado em condições inadequadas, exposto ao lixo superficial e constituindo um risco físico real; (B) Mancha de óleo nas imediações do poço e que ameaça contaminar diretamente o aquífero.

tas vezes responsável pela má qualidade da água do poço e do aquífero. Por outro lado, a operação de coleta da água dentro deste serviço de manutenção permite o controle das características físico-químicas e bacteriológicas.

Existem presentemente no Estado de São Paulo programas de manutenção de poços visando a melhor eficiência dos sistemas de exploração de águas subterrâneas. Na área de estudo, por desconhecimento ou espírito de economia, poucos proprietários de poços põem em prática tais programas. As construtoras possuem alguma responsabilidade nesta situação, na medida em que não mentalizam os usuários para a importância da manutenção adequada de seus poços.

A Tabela 27, ilustra os tipos de manutenção dos poços na área de estudo.

Tab. 27 - Tipos de Manutenção dos Poços

Manutenção	Nº de Poços	%
Preventiva	15	8
Corretiva	155	86
Não faz	<u>10</u>	<u>6</u>
Total	180	100

Verifica-se, que a prática da manutenção do tipo corretivo é aquela que vigora, dando-se atenção somente as avarias mecânicas dos equipamentos de bombeamento. No que concerne à manutenção preventiva, que é feita anualmente, visa a detecção e eliminação de problemas de caráter mecânico, hidráulico e de qualidade de água. A localização de 10 poços em porões e outras áreas inacessíveis ao equipamento de serviço, é a grande responsável pela falta de manutenção destas captações.

C A P Í T U L O VI

LEGISLAÇÕES RELATIVAS ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores caracterizamos os problemas da construção dos poços, uso das águas subterrâneas e proteção das captações e aquíferos.

A principal finalidade deste capítulo é analisar a legislação brasileira sobre recursos hídricos em geral e das águas subterrâneas em particular, nos seus aspectos mais relevantes com respeito ao uso e preservação. Concomitantemente, faremos referências às situações em outros países a título de ilustração.

O critério de seleção dos países assentou fundamentalmente, na modernidade das suas legislações e nas soluções que apresentam para uma eficaz proteção dos mananciais subterrâneos. A urgência para uma tomada de medidas neste campo decorre da importância que assumem os recursos subterrâneos nos processos de desenvolvimento urbano e industrial moderno e do fato das contaminações dos aquíferos serem praticamente irreversíveis a curto e médio prazos.

Ao terminar o capítulo extraem-se recomendações para a regulamentação da proteção das captações e águas subterrâneas no Brasil.

Como são os problemas de qualidade os mais preocupantes em consequência do desenvolvimento urbano e industrial, os aspectos relativos a conservação (prevenção, proteção e controle) das águas subterrâneas são aqueles cuja análise nos interessa. De uma maneira geral, apesar da interdependência dos aspectos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos, são os meios relativos ao controle da poluição e contaminação que têm sido motivo de revisões mais freqüentes.

2. BREVE ANÁLISE HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO DE ÁGUAS

2.1. Brasil

Os primeiros diplomas legislativos a respeito do uso das águas no Brasil datam do Império e nestes as águas subter_{âneas} não eram sequer referidas.

Trabalhos publicados no início do século parecem constituir início efetivo dos estudos sobre o regime jurídico das águas no Brasil, com ênfase especial dos sistemas hidrográficos.

Posteriormente, surge o Código Civil, criado, pela Lei nº 3.071, de 01 de Janeiro de 1916, que passa a regular a matéria no que diz respeito aos direitos do Estado sobre os corpos de água continentais.

A necessidade de dotar o País com uma legislação adequada levou a criação do Código de Águas, através do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, que veio regular de forma mais ampla, questões que constituíam objeto de alguns dispositivos do Código Civil, mas referentes ao direito de posse para o uso. Aquele código previu através de vários dispositivos a proteção dos recursos hídricos com vistas à salubridade pública e à proteção da flora e fauna aquáticas.

O Código Penal vigente, aprovado pelo Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de Dezembro de 1940, prevê apenas a proteção das fontes de água potável.

O Código Nacional de Saúde regulamentado pelo Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961, tratou a matéria de proteção contra a poluição das fontes dos recursos hídricos que se destinavam ao abastecimento.

A Lei nº 4.089, de 13 de julho de 1962, regulamentada pelo Decreto nº 1.487, de 7 de novembro de 1962, deu ao Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) competência para controlar a poluição dos corpos de água superficiais.

Com o objetivo de rever e atualizar o vigente Código de Águas de 1934 e conseqüentemente, o regime jurídico disci

plificador do uso e conservação das águas, através do Decreto nº 62.529, de 16 de abril de 1968, O Ministro do Estado das Minas e Energia foi incumbido de formar uma Comissão de Alto Nível para tal fim.

A entrada em vigor do novo Código de Mineração, criado pelo Decreto nº 227, de 28 de Fevereiro de 1967, passou a considerar as águas subterrâneas como jazidas minerais incluídas no conceito de propriedade distinta da do solo, sujeita a administração federal e a sua captação e uso regidos por lei especial.

Pelo Decreto nº 73.030, de 30 de Outubro de 1973, foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) com a incumbência de, entre outras atividades, de estabelecer normas e padrões relativos aos recursos hídricos.

O II Plano Nacional de Desenvolvimento, aprovado pela Lei nº 6.151, de 24 de Dezembro de 1974, destaca o controle da poluição.

O Decreto nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, determinou que as indústrias instaladas ou a serem instaladas em território nacional são obrigadas a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da contaminação do meio ambiente.

O anteprojeto do Código de Águas elaborado pela Comissão de Alto Nível é posteriormente, modificado na parte referente às águas subterrâneas pela Comissão Interministerial, criada pela Portaria nº 0195, de 26 de maio de 1977, assinada pelos Ministros de Estado das Minas e Energia e do Interior. Esta matéria encontra-se ainda em análise, aguardando-se para breve um instrumento legal de efetiva proteção das águas subterrâneas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em junho de 1977, o projeto NB-588 de poços tubulares profundos para captação de água subterrâneas. Como esta entidade tem vínculos com o Ministério da Indústria e Comércio, as normas técnicas têm caráter federal. Cabe referir, que a Lei nº 4.150, de

21 de Novembro de 1962, publicada no Diário Oficial da União do dia 11 de Janeiro de 1963. Seção I, Parte I, institui o regime obrigatório de observância das normas técnicas nas obras e serviços executados, dirigidos ou fiscalizados por quaisquer repartições federais ou órgãos paraestatais.

Com base no Decreto nº 79.367, de 9 de Março de 1977, o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 56/Bsb de 14 de Março de 1977, elaborou Normas e o Padrão de potabilidade da água a serem observados em todo o território nacional.

A Portaria ministerial nº 124, de 20 de Agosto de 1980, baixa norma tocante à prevenção de poluição hídrica.

Através de Decreto nº 86.028, de 27 de Maio de 1981, foi instituído oficialmente no país a Semana do Meio Ambiente.

A Lei do Meio Ambiente nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, foi posteriormente, regulamentada pelo Decreto nº 88.351, de 01 de Junho de 1983.

2.2. Estado de São Paulo

O Decreto-lei nº 195-A, de 19 de Fevereiro de 1970, disciplinou a proteção dos recursos hídricos do Estado de São Paulo contra agentes poluidores, passando a sua execução, de acordo com a Lei nº 118, de 29 de junho de 1973, para a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

De acordo com a autorização contida na Lei- estadual nº 119, de 29 de Junho de 1973, foi criada a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) para cuidar dos serviços de adução, tratamento e distribuição de água e da coleta, tratamento e destino final de esgotos, em todo o território do Estado.

A Lei complementar estadual nº 94, de 29 de maio de 1974, considerou como serviço de interesse metropolitano o controle da poluição ambiental.

De acordo com o Decreto nº 6.997, de 06 de Novembro de 1975, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) autarquia estadual criada pela Lei nº 1.350, de 12 de Dezembro de 1951, passou a cuidar, além das questões ligadas à polícia da quantidade das águas públicas, também das ligadas à polícia da qualidade.

Pela Lei nº 898, de 18 de Dezembro de 1975, foi disciplinado o uso do solo, também em vista à proteção dos recursos hídricos na Região Metropolitana da Grande São Paulo.

Através do Decreto nº 12.342, de 27 de Setembro de 1978, foi criado o Código Sanitário que regula a qualidade das águas no campo da competência da Secretaria de Estado da Saúde.

Pelo Decreto estadual nº 20.903, de 26 de Abril de 1983, foi criado o Conselho Estadual do Meio Ambiente, com a atribuição de propor e acompanhar a política do Estado na área de preservação e melhoria do meio ambiente, entre outras.

3. A LEGISLAÇÃO EM DIFERENTES PAÍSES

A comparação da legislação das águas subterrâneas em diferentes países é de grande importância para uma boa compreensão do assunto, no direito brasileiro.

Como salienta CRETELLA JUNIOR (in POMPEU, 1976) , "o direito comparado, além de servir para esclarecer os pontos duvidosos dos institutos de vários sistemas particulares, contribui, pela observação do que ocorre em outros sistemas jurídicos, para a melhoria do próprio direito nacional".

Com esse objetivo, o presente capítulo focalizará as legislações da FRANÇA, SUIÇA, INGLATERRA e ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE,

3.1. Legislação na França

A Lei de 15 de Fevereiro de 1902, artigo 1, foi a primeira legislação francesa a instituir um perímetro de proteção contra a poluição das águas subterrâneas ou superficiais, ou cursos destinados ao abastecimento público, proibindo o lançamento sobre os terrenos compreendidos nesse perímetro, de dejetos humanos, orgânicos ou químicos ou abrir poços sem autorização do Prefeito.

O Decreto de 04 de Maio de 1937, previu que a perfuração de poços estava sujeita à autorização do Prefeito, devendo tal ato impor as condições técnicas necessárias para assegurar a proteção das águas subterrâneas, quer durante a execução quer quando da exploração da obra. Nos casos de obstrução dos poços de sondagem e em casos de acidentes que pudessem apresentar risco de poluição, o usuário deveria obedecer às instruções dadas pelo Engenheiro Chefe de Minas.

A ineficácia da legislação vigente para resolver os problemas decorrentes da utilização da água levou à publicação da Lei de 1964, que veio preencher lacunas na regulamentação anterior. Esta Lei, que diz respeito tanto às águas superficiais como subterrâneas e que constitui atualmente o diploma fundamental da legislação francesa, regulamentou aspectos específicos relativos ao controle da poluição das águas.

Embora a legislação francesa seja complexa, ela dispõe de regulamentos que permitem proteger as águas subterrâneas. Destacamos as principais:

- Circular de 24 de Maio de 1963
- Código de Saúde Pública de 1964
- Decreto nº 67-1.093 de 15 de Dezembro de 1967

- Circular Interministerial de 10 de Dezembro de 1968
- Código Mineiro
- Código de Urbanismo

Vejamos os aspectos mais importantes destas legislações concernentes às águas subterrâneas.

3.1.1. Circular de 24 de Maio de 1963, relativa ao regulamento sanitário departamental

O artigo 78, prevê, que os depósitos de estrume não devem em circunstância nenhuma ser colocados sobre os terrenos compreendidos no perímetro de proteção das fontes e das captações de água ou nas proximidades do litoral marítimo, a menos de 20 m dos aquedutos utilizados no transporte de água potável e a menos de 35 m dos poços e cisternas.

Por força da segunda alínea do artigo 79, a implantação de instalações de qualquer natureza não deve ser autorizada no interior dos perímetros de proteção imediata e aproximada das fontes e das captações de água. Fora dos perímetros, a implantação não deve ser autorizada a menos de 35 m dos aquedutos, dos poços e das cisternas.

Segundo a alínea três do artigo anterior, a depuração de águas residuárias está interdita nos perímetros de proteção imediata e aproximada das fontes e captações. Fora dos perímetros, a depuração está interdita a menos de 35 m dos aquedutos, dos poços e cisternas.

3.1.2. Código de Saúde Pública de 1964

O artigo L-20, foi substituído pelo artigo 7 da Lei de 1964 que, a fim de assegurar a proteção da qualidade das águas destinadas ao consumo das coletividades humanas, prevê, a

fixação à volta do ponto de captação, de um perímetro de proteção imediata, onde os terrenos são adquiridos pela Administração; de um perímetro de proteção aproximada, no interior do qual podem ser proibidas ou regulamentadas todas as atividades e a localização de depósitos ou instalações que prejudiquem direta ou indiretamente, a qualidade das águas; de um perímetro de proteção afastada, no interior do qual podem ser regulamentadas as atividades, instalações e depósitos.

Um decreto em Conselho de Estado determina as condições de aplicação da alínea anterior.

O artigo L-20, foi substituído pelo artigo 8 da lei de 1964 que, prevê, que as indenizações que podem ser devidas aos proprietários ou ocupantes dos terrenos compreendidos num perímetro de proteção de captação de água destinado ao consumo das coletividades humanas, são fixadas por regras aplicáveis à matéria de expropriação.

O artigo L-40, da Lei de 1964, prevê, quem quer que, por negligência ou incúria, deixar introduzir excrementos ou outro elemento susceptível de prejudicar a qualidade da água de fontes, dos poços, das cisternas, aquedutos e dos reservatórios, que se destina ao consumo público, será punido com penas constantes dos artigos 479 e 480 do Código Penal.

3.1.3. Decreto nº 67-1093 de 15 de Dezembro de 1967

Regulamenta a aplicação do artigo L-20 do Código de Saúde Pública, modificado pelo artigo 7 da Lei de 1964.

O artigo 41, prevê, que os perímetros de proteção imediata, aproximada e afastada a fixar à volta dos pontos de captação de águas de fontes e águas subterrâneas, assim como os perímetros de proteção imediata e aproximada das águas superficiais, são definidos com base no relatório do geológico.

Os terrenos situados no perímetro de proteção imediata devem ser adquiridos pela Administração e sempre que possível, cercados. Todas as atividades ficam aí interditadas, excepto as que foram autorizadas no ato de declaração de utilidade pública.

No interior do perímetro de proteção aproximada podem ser interditados:

- Perfuração de poços, exploração de pedreiras a céu aberto, a abertura e o entulhamento de escavações.

- Depósitos de lixões, elementos radioativos e produtos susceptíveis de alterar a qualidade das águas.

- Instalação de canalizações, reservatórios ou depósitos de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos, de produtos químicos e águas usadas de todo o tipo.

- Uso de estrumes, adubos orgânicos ou químicos e de todos os produtos destinados à fertilização dos solos ou à luta contra as pragas que afetam as culturas, assim como a pastagem de animais e de tudo que possa direta ou indiretamente prejudicar a qualidade da água.

No interior do perímetro de proteção afastada podem ser regulamentadas as atividades, instalações e depósitos atrás mencionados e especialmente, a instalação de canalizações, reservatórios ou depósitos de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos, de produtos radioativos, de produtos químicos e águas usadas de todo o tipo.

3.1.4. Circular Interministerial de 10 de Dezembro de 1968

Esta circular é relativa ao perímetro de proteção dos pontos de captação de água destinada ao consumo das coletivi

dades humanas.

A presente instrução tem por objetivo principal, e videnciar o princípio fundamental da determinação dos perímetros de proteção e especialmente, precisar a função do geólogo incumbido desta tarefa.

Do ponto de vista jurídico, a fixação dos limites dos perímetros de proteção está na dependência do ato contendo a declaração de utilidade pública das captações das águas.

O processo aplicável na determinação do perímetro percorre toda uma tramitação legal demorada.

Os perímetros de proteção são definidos pelo geólogo oficial, cuja tarefa na construção dos projetos de captação de água foi introduzida pela Circular Ministerial de 10 de Dezembro de 1900 e posteriormente, confirmada várias vezes.

O relatório geológico elaborado pelo geólogo oficial constitui um documento fundamental do processo que será submetido aos serviços interessados.

De acordo com as instruções gerais, o geólogo deverá indicar no seu relatório a natureza das camadas atravessadas pelas águas subterrâneas no seu percurso até a obra de captação projetada e relatar as constatações feitas quando da sua visita ao local.

Ao geólogo oficial compete, especialmente, estudar:

- a) A origem das águas a captar.
- b) Os riscos de contaminação da água destinada ao consumo humano,
- c) As medidas de proteção a adotar para prevenir a contaminação conforme prevê o artigo L-20 do Código de Saúde pública.

Do ponto de vista técnico, cabe salientar, que na definição do perímetro de proteção, o que interessa é a natureza do terreno e sua permeabilidade, isto é, as relações hidrogeológicas entre a zona ou zonas de infiltração e o ponto de captação a proteger.

3.1.5. Código Mineiro

O Código Mineiro francês manifesta preocupações concernentes à proteção do meio ambiente.

Segundo o artigo 109-1 (Lei nº 77-620 de 16 de junho de 1977), quando um aquífero for reconhecido no local de uma pedreira e o mesmo estiver em condições de aproveitamento para satisfazer as necessidades da coletividade pública em água, é estabelecido na zona considerada um esquema de exploração coordenada.

3.1.6. Código de Urbanismo

Este Código, através de leis datadas de 1976/77, também concorre para a proteção das águas subterrâneas através da regulamentação do uso dos solos.

3.1.7. Circular de 09 de agosto de 1978

Esta circular revisa o regulamento sanitário definido pela Circular de 24 de maio de 1963.

No que concerne aos poços, o artigo 10, prevê, que todo o projeto de construção de um poço ou de uma sondagem não sancionado por um processo de autorização deve ser objeto de declaração à autoridade sanitária.

Na falta de distribuição pública de água potável, o uso de água dos poços públicos ou particulares para alimentação humana, só é autorizada, se a água for potável e se todas as precauções forem tomadas para prevenir contra a contaminação.

A abertura dos poços deve ser protegida por um dispositivo vedante para impedir a penetração de corpos estranhos. As paredes do poço devem estar isoladas na parte não captante e a saliência do tubo de revestimento deve estar 50 cm, no mínimo, acima da superfície do solo ou do nível mais alto das águas de inundação.

Num raio de 2 m, no mínimo, à volta do poço, o solo deve ser impermeável de modo a assegurar uma proteção contra as infiltrações superficiais e apresentar uma inclinação para o exterior.

O conjunto da obra deve ser mantido em bom estado de manutenção e em estado de limpeza. A operação de limpeza e desinfecção processa-se por ordem expressa do Prefeito, a pedido e sob controle da autoridade sanitária. A captação cuja utilização for considerada perigosa para a alimentação humana, será referenciada por uma inscrição "Água perigosa para beber" e por um sinal cracterístico. A desativação ou entulhamento definitivos do poço são determinados pelo Prefeito, se estas medidas forem consideradas necessárias pela autoridade sanitária.

Em nenhum caso, o poço desativado deve ser utilizado como receptáculo de lançamento de elementos sólidos ou líquidos.

A alínea 2 do artigo 93, prevê, que os elementos suceptíveis de fermentação não devem ser colocados em pedreiras ou escavações, nem a menos de 35 m dos poços, fontes, cursos de água, praias, terrenos para a prática de esportes ou de campismo.

O artigo 98, interdita a colocação de cadáveres de animais sobre a via pública ou nos lixos domésticos, assim como lançá-los no mar, rios, buracos ou enterrá-los a menos de 35 m das habitações, dos poços, das fontes e nos perímetros de proteção das obras de captação de água potável.

3.1.8. Outras leis

A legislação francesa contém outros meios regulamentares para fazer face à proteção das águas subterrâneas no que concerne:

- a) Às condições de construção, transferência e ampliação dos cimitérios.
- b) À estocagem subterrânea de gás combustível.
- c) À estocagem de hidrocarbonetos líquidos.
- d) Às fossas sépticas ou dispositivos depuradores de seus efluentes.
- e) À estocagem subterrânea de produtos químicos para fins industriais.
- f) Ao lançamento de detergentes.
- g) À evacuação e ao tratamento dos resíduos urbanos.
- f) Aos rejeitos de efluentes radioativos líquidos provenientes de instalações nucleares.
- i) Ao lançamento de óleos e lubrificantes.

3.1.9. Estrutura de gestão das águas

A coordenação interministerial no domínio da água compete ao Ministro da Cultura e do Ambiente, sendo as decisões essenciais a nível interministerial tomadas pela Comissão Interministerial para o Ambiente, composta pelos ministros cuja competência está relacionada com os problemas do ambiente.

Os Prefeitos, representantes da Administração Central a nível dos departamentos, são intermediários entre os ministros e os serviços técnicos, cabendo-lhes fiscalizar a aplicação da lei no que concerne a conservação dos recursos hídricos.

Os Serviços do Ministério da Agricultura são os que intervêm no expediente de declaração de utilidade pública das águas subterrâneas; o Serviço de Minas é o que informa sobre os

pedidos de autorização de exploração dirigidos ao Prefeito, assim como em questões de proteção das águas subterrâneas; também intervêm os Serviços de Saúde e alguns outros.

3.2. Legislação na Suíça

A Suíça caracteriza-se por uma estrutura federalista, na qual tudo que não é atribuído à Confederação, é do domínio dos cantões.

As águas superficiais e subterrâneas, correntes ou dormentes, não pertencem a Confederação, mas aos cantões. Salvo algumas exceções, apenas os pequenos cursos de água e os mananciais subterrâneos de pequena importância são privados.

Uma alteração na Constituição Federal em 1954, deu lugar a uma modificação na legislação suíça no que concerne à poluição das águas. Consequentemente, o Governo Federal ficou habilitado a tomar medidas para a prevenção da poluição das águas superficiais e subterrâneas. Em virtude desta alteração, o Governo Federal promulgou, em 1955, a lei sobre proteção das águas contra a poluição.

Em 08 de outubro de 1971, foi promulgada outra lei federal para controlar a poluição das águas e melhorar a sua qualidade de modo a assegurar: que seja protegida a saúde dos homens e animais; que o abastecimento de água para alimentação humana e para fins industriais seja feito pelo uso das águas subterrâneas, de fontes e pelo tratamento das águas de superfície; que a água possa ser utilizada para a irrigação ou rega; que a água possa ser usada para banhos; que as águas em que habitam peixes sejam resguardadas; que as construções não sejam prejudicadas e que a paisagem não seja desfigurada. Segundo a lei, deverá ser considerada poluição qualquer outra deterioração das propriedades físicas, químicas ou biológicas.

De acordo com a lei acima citada, os cantões deve

rão dividir o seu território em setores de proteção das águas, assim como estabelecer áreas de proteção em volta dos pontos de captação de água.

A Ordenação de 19 de junho de 1972 sobre a proteção das águas contra a poluição causada por líquidos capazes de provocar a deterioração da sua qualidade, determinou a divisão dos cantões em quatro zonas, S, A, B e C, segundo o grau e a necessidade de se proteger as águas de superfícies e subterrâneas e as condições naturais que contribuem para a proteção das águas.

Nas zonas A, B e C, são permitidas as construções e instalações de estabelecimentos com restrições em ordem decrescente. Na zona S, é interdita a instalação de qualquer tipo de estabelecimento.

Segundo a legislação dos cantões, são interdita dos despejos nas águas sem prévio tratamento, dependendo, toda a descarga de efluentes de autorização da respectiva autoridade.

3.2.1. Estrutura de gestão das águas

Compete à Confederação coordenar as medidas tomadas pelos cantões e no caso destes não tomarem decisões efetivas sobre a matéria, o Conselho Federal poderá, após prévia notificação, tomá-las em lugar dos cantões, ficando as despesas por conta dos órgãos ou pessoas a quem tais obrigações caberiam.

3.3. Legislação na Inglaterra

De acordo com o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS, 1967), a lei inglesa mais antiga sobre poluição das águas data de 1388, que proibia o lançamento de excrementos, lixo, detritos e outros, em fossas, rios e outras águas.

Em 1945, surgiu o Water Act que, nas seções 18 e

19 permitiu a elaboração de regulamentos de proteção às águas, quer de superfície, quer subterrâneas.

A Lei de 1963 (Water Resources Act), além de integrar a luta contra a poluição das águas na gestão global dos recursos hídricos, considerou, pela primeira vez, a defesa da qualidade das águas subterrâneas. Com efeito, a lei passou a exigir autorização para a rejeição de efluentes industriais ou domésticos ou de quaisquer materiais poluentes nos aquíferos situados na área de jurisdição de qualquer atividade fluvial.

Em 18 de Junho de 1973 foi aprovado pelo Parlamento, o Water Act 1973, que estabeleceu a política de águas atualmente em vigor. Esta lei reconhece a importância de uma gestão integrada de todos os aspectos de ciclo hidrológico.

Duas outras medidas legislativas tiveram uma influência importante sobre a pesquisa hidrogeológica, a Lei de 1972 (Deposit of Poisonous Water Act) e a Lei de 1974 (Control of Pollution Act). Esta legislação resultou de uma tomada de consciência sobre o problema da poluição de meio ambiente e particularmente, das águas subterrâneas. Os parágrafos do Control of Pollution Act concernentes à hidrogeologia trata da estocagem dos detritos sobre o solo e da descarga de efluentes nas águas subterrâneas.

3.3.1. Estrutura de gestão das águas

A Lei de 1973, o mais importante diploma legislativo da Inglaterra, criou o Conselho Nacional da Água (National Water Council), que desempenha função consultiva junto ao Governo Central, principal responsável pela política de gestão das águas a nível nacional.

A reorganização que resultou da entrada em vigor daquela lei conduziu à criação de entidades como o Centro de Investigação da Água, que é um organismo independente no qual o governo está representado com os setores públicos e privados liga-

dos aos problemas da água e o Centro de Recolha de Dados, que é responsável pela recolha e divulgação de informações relativas a todos os aspectos dos recursos hídricos.

3.4. Legislação nos Estados Unidos da América do Norte

O território americano apresenta, em termos globais, características fisiográficas e climáticas relativamente diferentes nas duas partes em que o divide o rio Mississippi. Estas condições naturais contribuíram para que, na parte oriental, com relativa abundância de água e onde se estabeleceram os primeiros Estados da federação norte-americana, a água fosse utilizada, desde longa data, de acordo com a doutrina dos direitos ribeirinhos, enquanto na parte ocidental, devido a escassez da água, prevalecia a doutrina da apropriação prévia.

Estas duas doutrinas relativas à propriedade da água, referem-se a água de superfície. Em relação a água subterrânea, o regime de propriedade é mais complexo. Assim, em diferentes Estados são utilizadas quatro doutrinas diferentes; a da propriedade absoluta, a da utilização razoável, a dos direitos correlativos e a de apropriação.

A doutrina da propriedade absoluta, estabelece, que o proprietário da terra pode captar água de furos ou poços abertos no seu terreno, sem qualquer limitação.

A doutrina da utilização razoável, que pretende reduzir os inconvenientes da propriedade absoluta, estabelece, que os proprietários das terras se devem limitar a um uso razoável das suas águas, de forma a serem tidos em conta os direitos de outros utilizadores.

A doutrina dos direitos correlativos, é um aperfeiçoamento da doutrina da utilização razoável e foi estabelecida e iniciada na Califórnia. Esta doutrina aceita a da utilização razoável enquanto a água é suficiente para os diversos abastecimen-

tos, mas, quando se verifica insuficiência devida ao esgotamento ou abaixamento dos níveis freáticos estabelece, que cada proprietário de terras apenas tem direito a uma quantidade de água proporcional à área do seu terreno sobrejacente ao aquífero.

A doutrina da apropriação, aceita o princípio da aquisição do direito de propriedade sobre uma certa quantidade de água, desde que o utilizador satisfaça um certo número de requisitos legais que o habilitam a obter uma licença para a utilização da água.

A Lei de 1899 (Rivers and Harbours Act), que proibia a descarga de dejetos e outros efluentes líquidos, provenientes das ruas e dos esgotos, nas águas navegáveis, marca o surgimento da legislação federal sobre poluição das águas.

Somente após a publicação da Lei de 1965 (Water Resources Planning Act) iniciou a tomada de medidas adequadas para combater a poluição das águas. Esta lei criou o Conselho de Recursos Hídricos (Water Resources Council), as Comissões de Bacia (River Basin Commissions) e a Assistência Financeira aos Estados, com o objetivo de incentivar a participação destes no planejamento nacional.

Em 1969 foi promulgada lei de proteção ao meio ambiente (National Environmental Policy Act), com o objetivo de "fazer com que o homem e a natureza possam coexistir em produtiva harmonia e preencher as necessidades sociais, econômicas e outras, das gerações americanas, atuais e futuras".

A mesma lei criou o Conselho de Qualidade do Meio Ambiente (Council on Environmental Quality), que tem por objetivo desenvolver e recomendar ao Presidente, planos de ação visando a melhoria da qualidade ambiental.

A lei de 1972 (Water Pollution Control Act), relativa ao controle da poluição das águas anulou praticamente toda a legislação federal antes aplicável ao controle da poluição das

águas. O objetivo da lei é regenerar e manter a pureza das águas, nos aspectos químico, físico e biológico.

No âmbito federal, a Lei de 1972 reconhece, preserva e protege a responsabilidade primária e o direito dos Estados no sentido de prevenir, reduzir e eliminar a poluição, planejar o desenvolvimento e o uso do solo e dos recursos hídricos, consultando a Agência de Proteção do Meio Ambiente (Environmental Protection Agency - EPA), naquilo que for de sua competência.

Além da ajuda financeira aos Estados e às municipalidades, a lei em apreço criou um órgão para efetuar investimento no campo do saneamento do meio ambiente (Environmental Financing Authority).

A lei constitui um extenso documento, extremamente circunstanciado, em que se definem as medidas da política a a dotar para se atingirem os objetivos fixados.

A preocupação das autoridades norte-americanas no que concerne à conservação qualitativa das águas subterrâneas, incide na definição de uma política de prevenção da contaminação, que passa pelo controle do uso do solo, limitando a fabricação, armazenamento, transporte e disposição de materiais perigosos na área de recarga dos aquíferos.

Como a legislação estadual é muito variada, fazendo os Estados uso de seu direito de legislar sobre águas e controle de poluição, o exame da legislação foi dirigido, principalmente, às leis federais.

3.4.1. Estrutura de gestão das águas

Dado o sistema federal dos Estados Unidos, a política de águas é executada a nível federal, estadual e local, desempenhando certas empresas privadas algumas funções e serviços

específicos.

Ao Governo Federal cabem competências específicas diretas sobre os recursos hídricos, estando a elaboração e a realização da maior parte dos programas a cargo dos Departamentos do Interior, da Agricultura e do Exército.

A par destes três Departamentos, outros partilham responsabilidades menores no domínio dos recursos hídricos.

Pode ainda referir-se, ao nível do Governo Federal e como agência autónoma na dependência direta do Presidente, a já citada Agência de Proteção do Meio Ambiente (EPA) que é a autoridade de ao mais alto nível em matéria de controle da poluição das águas.

Na cúpula da estrutura de gestão das águas encontra-se o Conselho dos Recursos Hídricos (Water Resources Council), cujas atribuições foram fixadas pela Lei Federal de 1965. Este Conselho é constituído pelo Secretário do Interior, que preside e pelos Secretários da Agricultura, do Exército, da Saúde, Educação e Bem-Estar, dos Transportes e da Energia, na qualidade de membros natos, pelos Secretários do Comércio e da Habitação e Desenvolvimento Urbano e pelo Administrador da EPA na qualidade de membros associados e ainda pelo Diretor de Gabinete do Orçamento, pelo Procurador-Geral dos Estados Unidos e pelo Diretor do Conselho para a Qualidade do Ambiente na qualidade de observadores.

3.5. Conclusões parciais

Examinando as legislações de alguns países europeus e a dos Estados Unidos da América do Norte, podem ser evidenciados alguns aspectos relativos à proteção das águas subterrâneas em particular e das águas em geral:

a) os países europeus, somente a partir da década de cinquenta começaram a adotar efetivamente, medidas legais visando o controle da poluição;

b) a legislação francesa parece-nos ser a mais complexa no que concerne a garantir a qualidade das águas potáveis distribuídas à população. No que se refere às águas subterrâneas, a legislação é vasta, atualizada e precisa, colocando a França na vanguarda da política de proteção destes recursos;

c) a fixação dos perímetros de proteção à volta dos pontos de captação vem sendo adotada na França há longo tempo;

d) a legislação francesa em vigor, prevê, a determinação de três perímetros de proteção em volta dos pontos de captação de água: proteção imediata, aproximada e afastada;

e) os terrenos inclusos no perímetro de proteção imediata devem ser adquiridos pela Administração; no interior da proteção aproximada deve ser interditado o exercício de certas atividades; no interior do perímetro de proteção afastada pode ser regulamentado o exercício de algumas atividades;

f) a definição dos perímetros de proteção cabe ao geólogo oficial, cuja tarefa é regulamentada pela Circular 10 de dezembro de 1968;

g) o relatório geológico elaborado pelo geólogo oficial constitui um documento fundamental do processo que será submetido aos serviços interessados;

h) na França, a coordenação interministerial no domínio da água compete ao Ministro da Cultura e Meio Ambiente, sendo as decisões essenciais a nível interministerial tomadas pela Comissão Interministerial para o ambiente. Os Prefeitos são os representantes da Administração Central junto dos departamentos;

i) na Suíça, o Governo Federal ficou habilitado, desde 1954, a tomar medidas para a prevenção da poluição das águas subterrâneas e superficiais;

j) segundo as diretivas federais, na Suíça, os

cantões deverão dividir seus territórios em quatro zonas para proteger as águas subterrâneas e superficiais contra a poluição;

k) nas zonas A, B e C, são permitidas as construções e instalações de estabelecimentos, com restrições em ordem decrescente. Na zona S, é interdita a instalação de qualquer tipo de estabelecimento;

l) na Suíça, compete à Confederação coordenar as medidas tomadas pelos cantões;

m) na Inglaterra, a lei mais antiga sobre poluição das águas data de 1388;

n) em 1963, a legislação inglesa considerou pela primeira vez, a defesa da qualidade das águas subterrâneas;

o) as leis inglesas de 1972 e 1974 resultaram de uma tomada de consciência ante o problema da poluição do meio ambiente e particularmente, das águas subterrâneas;

p) na Inglaterra, cabe ao Governo Central as principais responsabilidades pela política de gestão das águas a nível nacional;

q) dado o sistema federal dos Estados Unidos, a política de águas é executada a nível federal, estadual e local;

r) em relação às águas subterrâneas, o regime de propriedade é complexo. Em diferentes Estados são utilizadas quatro doutrinas diferentes;

s) após a publicação da Lei de 1965, se iniciou a tomada de medidas para o combate à poluição das águas;

t) os órgãos federais básicos são o Conselho de recursos hídricos, a Agência de Proteção do Meio Ambiente, as Comissões de Bacia e a Assistência Financeira aos Estados;

u) em 1969 foi criado o Conselho de Qualidade do Meio Ambiente com o objetivo de desenvolver e recomendar ao Presidente da República, planos de ação destinados a melhoria da qualidade ambiental;

v) a Lei de 1972, estabelece novas bases para a regeneração da qualidade dos recursos hídricos e o controle rigoroso das fontes poluidoras das águas;

x) na cúpula da estrutura de gestão das águas en contra-se o Conselho de Recursos Hídricos, cujas atribuições fo ram fixadas pela Lei de 1965.

4. A LEGISLAÇÃO NO BRASIL

Será feita uma análise da legislação brasileira no que concerne às águas subterrâneas focalizando-se o Código de Águas de 1934 a nível federal e o Código Sanitário de 1978 a nível da legislação paulista.

4.1. Código de Águas de 1934

Criado por Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, e modificado por leis subsequentes, o Código de Águas, dedi ca o Título IV às águas subterrâneas.

O capítulo único dispõe:

Artigo 96. O dono de qualquer terreno poderá apro priar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natu ral águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particula res.

Parágrafo único. Se o aproveitamento das águas sub

terrâneas de que trata este artigo prejudicar ou diminuir as águas públicas dominicais ou públicas de uso comum ou particulares, a administração competente poderá suspender as ditas obras e aproveitamentos.

Artigo 97. Não poderá o dono do prédio abrir poço junto ao prédio do vizinho, sem guardar as distâncias necessárias ou tomar as precisas precauções para que ele não sofra prejuízo.

Artigo 98. São expressamente proibidas construções capazes de poluir ou inutilizar para uso ordinário água do poço ou nascente alheia, a elas preexistentes.

Artigo 99. Todo aquele que violar as disposições dos artigos antecedentes é obrigado a demolir as construções feitas, respondendo por perdas e danos.

Artigo 100. As correntes que desaparecem momentaneamente do solo, formando um curso subterrâneo, para reaparecer mais longe, não perdem o caráter de coisa pública de uso comum, quando já o eram na sua origem.

Artigo 101. Depende de concessão administrativa a abertura de poços em terrenos do domínio público.

Com o objetivo de rever e atualizar o Código de Águas de 1934, foi instituída pelo Ministro de Estado das Minas e Energia uma Comissão de Alto Nível, conforme autorização dada através do Decreto nº 62.529, de 16 de abril de 1968.

Do anteprojeto do Código de Águas de 1934 elaborado por aquela Comissão, as águas subterrâneas inserem-se no Livro III, Título IV, Capítulos I e II.

Posteriormente, aquele anteprojeto é modificado na parte referente às águas subterrâneas por uma Comissão Interministerial criada pela Portaria Interministerial nº 0195 de 26 de maio de 1977, dos Ministros de Estado das Minas e Energia e do Int

terior.

Os anteprojetos elaborados pela Comissão de Alto Nível e Comissão Interministerial constituem respectivamente o anexo I e o Anexo II do relatório elaborado por esta última Comissão e encaminhado aos Ministros de Estado das Minas e Energia e do Interior, em 30 de maio de 1978.

O Anexo II, que corresponde às sugestões para as normas específicas de regulamentação do Código de Águas de 1934 na parte referente às águas subterrâneas, compreende:

- a) regulamentação do exercício da competência dos órgãos federais em seus respectivos setores;
- b) regulamentação dos sistemas de concessão, autorização ou licença para o conhecimento geológico, pesquisa, perfuração e exploração da água subterrânea;
- c) regulamentação das medidas condizentes com a conservação, uso e preservação dos recursos da água subterrânea, integrando seu tratamento ao dos recursos hídricos em geral;
- d) regulamentação em matéria de projetos, normas técnicas para a construção de poços e instalação de equipamentos, tratamento, medição, inspeção de obras e operação;
- e) procedimento quanto às indenizações e fixação de renda;
- f) conceituação e classificação das zonas de ex-ploração de água subterrânea; fixação de critérios objetivos para o estabelecimento de zonas de restrição, de pesquisa e livre para a exploração da água subterrânea;
- g) normalização de dados necessários ao sistema de cadastro e registro da perfuração;
- h) regulamentação das infrações e sanções.

O anteprojeto (Anexo II), no Capítulo I, referente a disposições gerais, específica sobre as atribuições:

a) é atribuição do Ministério das Minas e Energia a administração da água subterrânea no que se refere a sua pesquisa e captação, competindo ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) a execução do regulamento e de seus diplomas legais;

b) é atribuição do Ministério do Interior a administração geral da água subterrânea, no que se refere ao seu uso e à preservação da sua qualidade, cabendo ao Ministério da Saúde tudo que se refere ao padrão de potabilidade e à fiscalização sanitária dos locais onde são produzidas, industrializadas e comercializadas;

c) os Ministérios envolvidos na administração da água subterrânea poderão delegar poderes a entidades governamentais federais, estaduais e municipais, para fiscalização da pesquisa, captação, uso e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.

O Capítulo II, trata da solicitação de pesquisa, captação e uso da água subterrânea; o Capítulo III, da permissão de uso da água subterrânea; o Capítulo IV, da conservação da água subterrânea e sua integração aos recursos hídricos em geral; o Capítulo V, do projeto para perfuração, captação e uso da água subterrânea; os Capítulos VI e VII, respectivamente, da renda e indenizações e da infração e sanções.

4.2. Código Sanitário de 1978

Criado pelo Decreto nº 12.342, de 27 de setembro de 1978, que regulamenta a promoção, preservação e recuperação da saúde no campo da competência da Secretaria de Estado da Saúde, o Código Sanitário, manifesta, na Seção II, referente a cemitérios, algumas preocupações concernentes à proteção da água subterrânea.

O artigo 151, prevê, que os cemitérios serão construídos em áreas elevadas, na contravertente das águas que possam alimentar poços e outras fontes de abastecimento.

O artigo 152, prevê, que os cemitérios deverão ser isolados, em todo o seu perímetro, por logradouros públicos ou outras áreas abertas, com largura mínima de 15,00 m, em zonas abastecidas por redes de água.

O artigo 153, prevê, que o nível dos cemitérios deverá ser suficientemente elevado de maneira a assegurar que as sepulturas não sejam inundadas.

O artigo 154, prevê, que o nível do lençol freático, nos cemitérios, deverá ficar a 2,00 m, no mínimo, de profundidade.

O parágrafo único deste artigo, prevê, que na dependência das condições das sepulturas, deverá ser feito o necessário rebaixamento do nível freático.

O artigo 155, prevê, que os projetos de cemitérios deverão ser acompanhados de estudos especializados, comprovando a adequabilidade do solo e o nível do lençol freático.

4.3. Comentários

Sobre o Código de águas de 1934

Segundo a legislação, o aproveitamento das águas subterrâneas é livre, como especifica o artigo 96. Existe, contudo, quando o poço estiver em terrenos de domínio público, a necessidade de uma concessão administrativa.

A administração poderá suspender as obras de captação, assim como do próprio aproveitamento, se este prejudicar aproveitamentos existentes ou desviar de seu curso natural águas

públicas ou particulares.

No que concerne à proteção das águas subterrâneas, o artigo 98, expressa a proibição de construções capazes de poluir ou inutilizar para uso ordinário a água do poço ou nascente.

Constata-se, que o Código de Águas não considerava adequadamente a questão da preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos, pois este problema devia ser mínimo na época.

Para além daqueles aspectos, parece-nos, que a utilização e a conservação global das águas subterrâneas não está sujeita ao controle do Poder Público.

No que concerne ao anteprojeto elaborado pela Comissão Interministerial (Anexo II), o mesmo visa regulamentar a pesquisa, captação e uso da água subterrânea.

Quanto à conservação daquele recurso (Capítulo IV), embora a legislação se refira a medidas contra a poluição, a mesma objetiva fundamentalmente, aspectos quantitativos.

A legislação, parece-nos, dar pouca ênfase ou marginalizar aspectos extremamente importantes como:

- a) determinação e fixação dos perímetros de proteção das obras de captação;
- b) medidas de abandono e desativação de poços;
- c) periodicidade no controle da qualidade física, química, biológica, bacteriológica e radiológica das águas subterrâneas;
- d) proteção sanitária dos meios receptores (cursos de água, lagos, canais e solos) de efluentes;

- e) estocagem subterrânea de combustíveis líquidos e gasosos;
- f) disposição de resíduos urbanos e industriais;
- g) estocagem subterrânea de produtos químicos com destino industrial;
- h) efluentes radioativos provenientes de instalações nucleares;
- i) instalação de cemitérios;
- j) a importância do geólogo oficial no quadro da proteção das águas subterrâneas.

- Sobre o Código Sanitário de 1978

As prescrições inseridas no Código Sanitário são insuficientes para proteger as águas subterrâneas. Não levam em conta os perigos que os cemitérios podem provocar à saúde pública pela contaminação destes recursos hídricos.

Segundo os higienistas franceses, muitas cidades da França devem sua endemia de febre tifóide à posição de seus cemitérios em relação às águas subterrâneas de abastecimento.

O artigo 152 do Código fixa uma largura mínima de 15,00 m, como área de segurança à volta dos cemitérios, em zonas abastecidas por rede de água. A lei não especifica, se esta dimensão se aplica a cemitérios no interior ou fora das cidades. Esta definição é extremamente importante, se considerarmos, que o perímetro de proteção deverá ser maior naqueles cemitérios localizados fora das cidades, onde, de uma maneira geral, as sepulturas são simples covas.

O artigo 155, prevê, que a adequabilidade do solo e o nível do lençol freático deverão ser comprovados através de

estudos especializados que acompanharão os projetos dos cemitérios. A lei apresenta-se pouco clara, quando a mesma deveria especificar a necessidade de um estudo geológico prévio para os projetos de construção e ampliação dos cemitérios, visando a proteção das águas subterrâneas.

4.4. Recomendações para uma legislação brasileira de águas subterrâneas

As recomendações para uma legislação brasileira dizem respeito somente à proteção qualitativa das águas subterrâneas, sendo as mesmas resultantes da observação direta da realidade presente no Município de São Paulo.

Recomenda-se

- 1) obrigatoriedade de observância das normas técnicas e especificações estabelecidas pela ABNT, com evidência especial para os processos construtivos da proteção sanitária - localização, laje de proteção, saliência do tubo de revestimento interno e tampa;
- 2) que a saliência do tubo interno expressa pela ABNT de ficar no mínimo 15 cm acima da laje de proteção, deverá ter no mínimo 50 cm ou uma altura superior ao nível da água de enchente do local;
- 3) o controle na exploração do poço de modo a evitar que o aquífero seja contaminado por outras águas;
- 4) que as águas subterrâneas tenham somente uso não potável, quanto os poços forem locados em áreas que não permitam a observância das condições específicas da ABNT;
- 5) a proteção da captação e aquífero através de perímetros, nos quais, de acordo com as condições hidrogeológicas e por intervenção das autoridades competentes, poderão ser interdi-

tadas ou regulamentadas atividades que direta ou indiretamente, possam afetar a qualidade da água subterrânea;

6) a fixação da periodicidade obrigatória para o controle da qualidade física, química, biológica e bacteriológica das águas subterrâneas para consumo humano;

7) a obrigatoriedade de uma manutenção preventiva tendo em vista o bom funcionamento do poço e garantir o padrão sanitário exigido;

8) que os poços abandonados sejam aterrados e selados para evitar contaminação e acidentes;

9) que os poços desativados sejam selados e cercados de modo a permitir uma posterior reativação;

10) a regulamentação da estocagem subterrânea de combustíveis líquidos;

11) a regulamentação da estocagem subterrânea de produtos químicos com destino industrial;

12) a regulamentação da disposição de resíduos urbanos e industriais;

13) a regulamentação da necessidade de um estudo geológico prévio para os projetos de construção e ampliação dos cemitérios;

14) a regulamentação da proteção sanitária dos meios receptores (cursos de água, lagos, canais e solos) de efluentes;

15) a regulamentação do destino dos efluentes radioativos provenientes das instalações nucleares;

16) a regulamentação da intervenção do geólogo oficial

cial (federal, estadual ou municipal) no domínio da proteção das águas subterrâneas, com tarefas devidamente definidas;

17) que a responsabilidade pela gestão das águas subterrâneas caiba ao Governo Federal, aos governos de Estado e às administrações locais, respeitando a competência de cada órgão fixada em lei.

C A P Í T U L O V I I

CONCLUSÕES

Consideramos atingido o objetivo geral do estudo, que era o conhecimento da realidade hidrogeológica de um setor urbano, no que concerne à exploração e uso das águas subterrâneas e proteção das captações e aquíferos.

Os aquíferos explorados pelos poços tubulares inventariados na área central do Município de São Paulo são de três tipos: o sedimentar, o cristalino e o misto. Exatamente, 69% dos poços captam água dos sedimentos, 16% do cristalino e 15% de aquíferos mistos. As fontes de recarga são as precipitações e os vazamentos da rede de distribuição de água.

A qualidade das águas subterrâneas é em geral boa, sendo adequada para consumo urbano e industrial. Em alguns casos foram encontrados elementos que afetam a potabilidade da água (c^o liformes, ferro, nitrato, chumbo, cobre e graxa). Estas ocorrências não devem ser consideradas como regionais, isto é, afetando o aquífero em toda a sua extensão. Podem ser encaradas como poluição ou contaminação local em consequência da má locação do poço, deficiências técnicas de construção e negligência no uso.

Quanto aos aspectos do uso, as águas subterrâneas constituem, por um lado, um manancial de grande alcance social, pois 30% da população terá que usá-la de forma permanente e por outro lado, econômico, face ao baixo custo em relação à água da rede de distribuição. Na área de estudo, servida pela rede, os volumes de água subterrânea consumidos atingem oito milhões de metros cúbicos por ano, cabendo ao setor industrial o maior consumo.

As águas subterrâneas da Região Metropolitana da Grande São Paulo poderão ainda desempenhar um papel de grande valor estratégico. Considerando que, no caso de um acidente nuclear ou de um ato de vandalismo, as águas superficiais seriam facilmente contaminadas, as águas subterrâneas serão o manancial disponível para suprir as necessidades vitais da população.

A nível das construções, ressalta-se a necessidade de de um grande esforço com o objetivo de melhorar a qualidade

técnica dos poços. Dentre as deficiências destacamos a falta de cimentação, de laje de proteção, de tampa, negligência no uso e na não observância das regras de abandono e desativação dos poços. Estas deficiências são extremamente graves, mormente quando o maior volume de água extraída se destina ao consumo humano, hospitalar, hoteleiro e indústrias alimentícias.

Os poços mal locados, construídos ou utilizados de forma pouco adequada transformam-se em focos de contaminação do manancial explorado. Consequentemente, com vista a garantir a proteção das captações e aquíferos do meio urbano em geral e da Grande São Paulo em particular, deverá ser obrigatória a exigência e aplicação nas obras dos requisitos mínimos de qualidade, utilidade, resistência e segurança usualmente chamados "normas técnicas" e elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Foi analisada a legislação brasileira sobre recursos hídricos em geral e das águas subterrâneas em particular nos seus aspectos relativos à conservação. Com o objetivo de esclarecer os pontos duvidosos e fornecer subsídios para uma adequada legislação de águas subterrâneas no País, foram descritos e analisados regulamentos de alguns países estrangeiros e comentados o Código de Águas de 1934 a nível federal e o Código Sanitário de 1978 a nível do Estado de São Paulo.

Em relação às legislações estrangeiras, constata-se, que, além da sua modernidade, são apoiadas por fortes dispositivos institucionais que garantem uma efetiva aplicação. Com efeito, a partir da década de cinquenta, os países industrializados passaram a modificar suas legislações em busca de instrumentos jurídicos capazes de combater eficazmente a deterioração dos mananciais. Assim, foram adotados e recomendados:

- A fixação de perímetros de proteção à volta dos pontos de captação.
- A criação de organismos financeiros especiais

que garantam os recursos necessários às obras de saneamento.

- A instituição de órgãos a nível nacional para a fixação das diretrizes a serem seguidas.

A legislação brasileira de águas é vasta, porém, carece de ser atualizada sobretudo, com a preocupação de compatibilizar o controle da poluição com a necessidade de crescimento e imperativos de industrialização do país.

O governo Federal conta com um órgão específico com a incumbência da preservação do meio ambiente, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).

O Estado de São Paulo dispõe de um Conselho Estadual do Meio Ambiente incumbido de coordenar a política de preservação e melhoria do meio ambiente.

Constatamos que os primeiros dispositivos legais sobre águas subterrâneas no Brasil surgiram com o Código de Águas de 1934, os quais objetivam fundamentalmente, aspectos de uso e conservação quantitativa, pois a qualidade era um problema mínimo na época.

A primeira medida para atualizar o Código de Águas de 1934, surge trinta e quatro anos depois, mediante elaboração de um anteprojeto no qual a legislação sobre águas subterrâneas adquire maior vulto. A partir de 1977, por decisão interministerial, o anteprojeto é modificado na parte respeitante às águas subterrâneas, visando dar-lhe maior amplitude. Este anteprojeto está desde 1978 aguardando a necessária e urgente aprovação e conseqüente regulamentação.

Esta legislação proposta para as águas subterrâneas representa um passo muito importante nas preocupações com a conservação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos subterrâneos. No entanto, no que concerne à proteção das captações e aquíferos carece de maior amplitude de modo a contemplar to-

dos aqueles fatores responsáveis pela degradação dos mananciais subterrâneos.

As recomendações que propomos parecem-nos adequadas como forma de complementação no sentido de tornar a legislação brasileira mais eficiente no que concerne à prevenção, controle e proteção das águas subterrâneas contra elementos poluentes ou contaminantes. Neste particular, vale salientar que, não é só com leis que se protege o meio ambiente. A legislação é básica, mas isso não resolve tudo. A proteção dos recursos naturais contraria interesses econômicos. Com a regulamentação devem surgir mecanismos simplificados de fiscalização através da alocação de recursos humanos, materiais e financeiros, que permitam rapidez e eficiência na atuação dos Poderes Públicos.

Cabe evidenciar, que o Governo Central não só deverá empenhar-se na adoção de medidas destinadas à conservação qualitativa das águas subterrâneas, mas como também permitir que os Estados, mais próximos dos problemas, possam atuar com maior eficiência.

Uma educação ambiental em todos os níveis escolares, jardim de infância, primário e secundário, com matérias adequadas à idade das crianças, ministrada por professores com crédito assegurado por uma universidade, deve constituir um esforço urgente das entidades governamentais como forma de desenvolver uma democracia participativa e levar o cidadão a viver em comunhão com a Terra numa base global.

B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. - 1957 - Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Bol.Fac.Fil.Ci.Let. USP, nº 219, São Paulo.
- ALBINET, M. - 1965 - La pollution des eaux souterraines. Chronique d'hydrogéologie. BRGM. nº 6. p. 7-23, Paris.
- ALMEIDA, F.F.M. . 1955 - As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. Bol. Soc. Bras. Geol., v.4 nº 2: p. 23-44, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1958 - O planalto paulistano. In: A cidade de São Paulo, estudos de geografia urbana brasileira. Nacional v.4 nº 1: p. 113-167 il., São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol.Inst.Geogr. e Geol., nº 41: p. 169-262, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1976 - The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. An. Acad. Bras. Ci., v.48 (supl.) p.15-26, Rio de Janeiro.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. - 1978 - Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil. Projeto Remac, nº 4: p. 75-88, Rio de Janeiro.
- BRASIL, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE) - 1980 - Mesa Redonda "Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo", Publ. Esp. ABGE - SBG/ NSP, 190 p., São Paulo.
- BRASIL, DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE) - 1975- Estudo de águas subterrâneas, Região Administrativa 1, Grande São Paulo - v.1 texto 220 p., v. 2 anexo 179 p., v.3, mapas 18, São Paulo.
- CASTANY, G. - 1968 - Prospection et exploitation des euax sou-

- terraines. Dunod, 717 p., Paris.
- CHIOSSI, N.J. - 1970 - Análise das condições hidrogeológicas da bacia sedimentar de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 1970. Resumo das Conferências e Comunicações, SBG, p. 270-272, Brasília.
- CHIOSSI, N.J. & HORTI, K. - 1973 - Aspectos da hidrogeologia da bacia sedimentar de São Paulo e a construção do Metrô. Água Subt., v.1 nº 3: p. 81-104, São Paulo.
- CHIOSSI, N.J. - 1974 - Investigações sobre a agressividade da água subterrânea no Metrô de São Paulo. Publ. Esp. para o 2º Congresso Internacional de Geologia de Engenharia, p.26-39 il., São Paulo.
- CONTI, J.B. - 1979 - Crescimento urbano e mudanças climáticas. In Suplemento Cultural do Estado de São Paulo, nº 149, Ano III, p.3-4, São Paulo.
- COUTINHO, J.M.V. - 1980 - Relações litológicas e estruturais da bacia sedimentar de São Paulo com o pré-cambriano circunvizinho. Mesa redonda "Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo", Publ. Esp. ABGE-SBG/NSP, p. 15-23, São Paulo.
- COZZOLINO, V.M.N. - 1973 - Tipos de sedimentos que constituem a bacia de São Paulo (Tese de doutoramento apresentada à Escola Politécnica da USP), São Paulo.
- COZZOLINO, V.M.N. - 1974 - Os solos da cidade de São Paulo, Metrô, p. 2-15 il. Publ. Esp. para o 2º Congresso Internacional de Geologia de Engenharia, São Paulo.
- DAVINO, A. - 1970 - Gravimetria como método de pesquisa de água subterrânea na bacia sedimentar de São Paulo. In: Reunião Anual, 22. Resumos. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, p. 81-82, Salvador.

- DELLA TOGNA, R.J.B. - 1979 - Uma política para o controle da qualidade das águas subterrâneas. Seminário sobre controle de qualidade das águas subterrâneas. CETESB, 13 p., São Paulo.
- FAIR, G.M. et al. - 1966 - Water and Wastewater Engineering. John Wiley and Sons, New York.
- FRANÇA, A. - 1958 - O quadro climato-botânico. In: Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Regional de São Paulo - A cidade de São Paulo. Estudos de geografia urbana, capítulo III, p. 69-109, São Paulo.
- FREITAS, R.O. - 1951 - Sobre a origem da bacia de São Paulo. Bol. Paul. Geogr., v.9, p.60-64 il., São Paulo.
- GIANCURSI, F.O. & LOPES, M.F.C. - 1976 - Hidrologia e regime da água subterrânea na Grande São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29º, Belo Horizonte. Resumo dos Trabalhos. SBG, p. 94, Belo Horizonte.
- HASUI, Y. et alii - 1976 - Considerações sobre a estratigrafia do pré-cambriano na região de São Paulo. Bol.Inst. Geoc., v. 7, p. 107-112, São Paulo.
- HASUI, Y. & CARNEIRO, C.D.R. - 1980 - Origem e evolução da bacia sedimentar de São Paulo. Mesa Redonda "Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo", Publ. Esp. ABGE-SBG/NSP, p. 5-13, São Paulo.
- JUNOT, L.R. - 1942 - Estudo da temperatura da cidade de São Paulo, v.II dos Anais do IX Congresso Brasileiro de Geografia, p. 460-488, Rio de Janeiro.
- JUNOT, L.R. - 1943 - As chuvas da cidade de São Paulo. Arquivos de Higiene e Saúde Pública, ano VII, nº 18: p. 9-90, São Paulo.
- KOLLERT, R. & DAVINO, A. - 1963 - Levantamento gravimétrico de

São Paulo. Rev. Eng. Min. Met., v. XXXVIII nº 224: p.79-82, Rio de Janeiro.

LEINZ, V. - 1953 - Água subterrânea com referência a São Paulo. Ci. e Cult., v.5 nº 3: p. 119-120, São Paulo.

LEINZ, V. - 1955a - Água subterrânea na bacia de São Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol., v.4, nº 2: p. 5-22, São Paulo.

LEINZ, V. - 1955b - Decomposição das rochas cristalinas na bacia de São Paulo. An. Acad. Bras. Ci., v.27, nº 4: p. 499-504, il., Rio de Janeiro.

LEINZ, V. & CARVALHO, A.M.V. - 1955 - Topografia do embasamento da bacia sedimentar de São Paulo.

LEINZ, V. & CARVALHO, A.M.V. - 1957 - Contribuição à geologia da bacia de São Paulo. Bol. Fac. Fil. Ci. Let., nº 205: 61 p. São Paulo.

LEINZ, V. - 1980 - Histórico resumido das pesquisas geológicas da Formação São Paulo. Mesa redonda "Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo", Publ. Esp. ABGE-SBG/NSP, p. 1-4, São Paulo.

MATTOS, J.N.B. - 1918 - Contribuição para o clima de São Paulo. Bol. Soc. Agricult., p. 507-562, São Paulo.

MATTOS, J.N.B. - 1925 - O clima de São Paulo. Edição do Serviço Meteorológico do Estado de São Paulo.

MENDES, J.C. - 1950 - O problema da idade das camadas de São Paulo. Bol. Paul. Geogr., nº 5, São Paulo.

MORAES REGO, L.F. - 1932 - Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua gênese. Inst. Astr. Geof., 28 p., São Paulo.

MORAES REGO, L.F. - 1933 - As formações cenozóicas de São Paulo. Anuário da Escola Politécnica de São Paulo, nº 2: p. 231 -

267, São Paulo.

- MORAES REGO, L.F. - 1935 - As argilas de São Paulo. Bol. Inst. Eng., v.21, nº 111, São Paulo.
- MORAES REGO, L.F. & SANTOS, T.D.S. - 1938 - Contribuição para o estudo dos granitos da Serra da Cantareira. IPT, 162 p., il., (Boletim 18), São Paulo.
- PARISOT, E.H. - 1983 - As águas subterrâneas no centro-oeste do Município de São Paulo. Características hidrogeológicas e químicas. Dissertação de mestrado, Inst. Geoc. da USP, 93 p. São Paulo.
- PASCHOAL, W. - 1981 - As inundações no Cambuci. Dissertação de Mestrado, Depart. Geogr. Fac. Fil. Ci. Let. da USP, São Paulo.
- PERSON, J. - 1979 - Intervention réglementaires du géologue agrée en vue de la protection des eaux destinées à l'alimentation humaine. Documents du BRGM nº 11. Edition octobre, 193 p., Marseille.
- POMPEU, C.T. - 1976 - Regime jurídico da polícia das águas públicas, polícia da qualidade - CETESB, 149 p., São Paulo.
- REBOUÇAS, A.C. - 1980 - Aspectos hidrológicos no planejamento da ocupação urbana da Grande São Paulo. Mesa redonda "Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo", Publ. Esp. ABGE-SBG/NSP, p. 1-4, São Paulo.
- ROSS, J.L.S. - 1981 - A qualidade da água subterrânea no espaço urbano da Grande São Paulo. Dissertação de Mestrado, Dep. Geogr. Fac. Fil. Ci. Let. da USP, 120 p., São Paulo.
- SANTOS, E.O. - 1958 - Tietê, o rio de São Paulo. In: Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção regional de São Paulo - A cidade de São Paulo. Estudos de geografia urbana, v.1, capí

tulo II, p. 45-67, São Paulo.

SETZER, J. - 1946 - Contribuição ao estudo do clima de São Paulo, Depart. de Estradas e Rodagem, São Paulo.

SILVA, E.M. & BAGANO, F.H. - 1972 - Levantamento hidrogeológico da porção central da bacia de São Paulo. Rev. Água subt., v.1, nº 2: p. 21-40, São Paulo.

SUGUIO, K. & BARBOUR, A.P. - 1969 - Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da bacia de São Paulo. An. Acad. Bras. Ci., v.41, nº 2: p. 161-180, Rio de Janeiro.

SUGUIO, K. & TAKAHASHI, L.I. - 1970 - Estudo dos aluviões antigos dos rios Pinheiros e Tietê, São Paulo. An. Acad. Bras. Ci., v.42, nº 3: p. 555-570, Rio de Janeiro.

SUGUIO, K. et alii - 1971 - Tipos de contatos e estruturas sedimentares associadas da bacia de São Paulo. In: Anais do 25º Congr. Bras. Geol., SBG, São Paulo, p. 215-218, il., São Paulo.

SUGUIO, K. - 1971 - Estudo dos troncos de árvores "linhificados" dos aluviões antigos do rio Pinheiros (São Paulo), significado geocronológico e possivelmente paleoclimático. In: Anais do 25º Congr. Bras. Geol., SBG, São Paulo, v.1, p. 63-65, São Paulo.

SUGUIO, K. et alii - 1972 - Estudo comparativo dos sedimentos e rochas cristalinas da bacia de São Paulo. In: Anais do 26º Cong. Bras. de Geol., SBG, Belém, v.1, p. 141-152, Belém.

VARGAS, M. - 1954 - Problemas de fundação de edifícios em São Paulo e sua relação com a formação geológica local. IPT, 70 p., São Paulo.

WASHBURN, C. - 1930 - Petroleum geology of the São Paulo. State Brazil. Bol. Com. Geogr. Geol., nº 12: p. 1-282, São Paulo.

WERNICK, E. - 1966 - Análise granulométrica dos sedimentos da baia de São Paulo, Rev. Eng. Min. Met., v.43, nº 254: p. 63 -
-68, Rio de Janeiro.

DOCUMENTOS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - 1977 - Elaboração de projetos de poços tubulares profundos para captação de água subterrânea. Procedimento, Projeto NB-588, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - 1978 - Poluição das águas. Terminologia. Projeto TB-145, Rio de Janeiro.

OMS - 1963 - Standardas for drinking water. 2^a edición. Organization Mundial de la Saúde, p. 14-37, Ginêbra.

OMS - 1967 - Lutte contra la pollution de l'eau, 115 p., Genève.

REVISTA ENGENHARIA SANITÁRIA - 1981 - Órgão oficial de informação da ABES, v. 20, nº 2: p. 118-122, Rio de Janeiro.

WHO - 1972 - Health Hazards of the Human Environment. World Health Organization, Geneva.

LEGISLAÇÃO

Brasil

Lei nº 3.071 de 01 de Janeiro de 1916 (Código Civil).

Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934 (Código de Águas).

Decreto-lei nº 2.848, de 07 de Dezembro de 1940 (Código Penal).

Decreto nº 49.974-A, de 21 de Janeiro de 1961 (Código Nacional de Saúde).

Lei nº 4.089, de 13 de Julho de 1962 (Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS).

Decreto nº 1.487, de 07 de Novembro de 1962 (Regulamento do Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS).

Decreto nº 62.529, de 16 de Abril de 1968 (Formação de uma Comissão de Alto Nível para rever e atualizar o Código de Águas).

Decreto nº 227, de 28 de Fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Decreto nº 73.030, de 30 de Outubro de 1973 (Cria a Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA).

Lei nº 6.151, de 24 de Dezembro de 1974 (Aprova o II Plano Nacional de Desenvolvimento).

Decreto nº 1.413, de 14 de Agosto de 1975 (Poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais).

Decreto nº 79.367, de 09 de Março de 1977 (Autoriza o Ministério da Saúde a elaborar Normas e o Padrão de potabilidade da água).

Portaria nº 56/Bsb, de 14 de Março de 1977 (Institui Normas e o Padrão de potabilidade da água para todo o território nacional).

Portaria nº 0195, de 26 de Maio de 1977 (Modifica na parte referente às águas subterrâneas, o anteprojeto do Código de Águas elaborado por força do Decreto nº 62.529).

Lei nº 4.150, de 21 de Novembro de 1962 (Institui a observância das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT).

Portaria nº 124, de 20 de Agosto de 1980 (Prevenção da poluição hídrica).

Decreto nº 86.028, de 27 de Maio de 1981 (Semana do Meio Ambiente).

Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente).

Decreto nº 88.351, de 01 de Junho de 1983 (Regulamenta a Política Nacional do Meio Ambiente).

Estado de São Paulo

Decreto-lei nº 195-A, de 19 de Fevereiro de 1970 (Proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores).

Lei nº 118, de 29 de Junho de 1973 (Autoriza a criação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB).

Lei nº 119, de 29 de junho de 1973 (Autoriza a criação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP).

Lei Complementar nº 94, de 29 de Maio de 1974 (Dispõe sobre a Região Metropolitana de São Paulo).

Lei nº 1350, de 12 de Dezembro de 1951 (Cria o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE).

Decreto nº 6.997, de 06 de Novembro de 1975 (Amplia a competência do DAEE).

Lei nº 898, de 18 de Dezembro de 1975 (Dispõe sobre o uso do solo na Região Metropolitana da Grande São Paulo).

Decreto nº 12.342, de 27 de Setembro de 1978 (Código Sanitário).

Decreto nº 20.903, de 26 de Abril de 1983 (Cria o Conselho Estadual do Meio Ambiente).

Estados Unidos da América do Norte

Lei Federal de 1899 (Rivers and Harbours Act).

Lei Federal de 1965 (Water Resources Planning Act).

Lei Federal de 1969 (National Environmental Policy Act).

Lei Federal de 1972 (Water Pollution Control Act).

França

Circular Ministerial de 10 de Dezembro de 1900 (Introduz a tarefa do geólogo oficial).

Lei de 15 de Fevereiro de 1902 (Perímetro de proteção), artigo 1.

Decreto de 04 de Março de 1937 (Águas Subterrâneas)

Circular de 24 de Maio de 1963 (Regula qualidade de despejos), artigos 78 e 79 (alíneas 2 e 3).

Lei de 1964 (Relativa à propriedade e repartição das águas e à luta contra a poluição), artigos 7, 8 e L-40.

Código de Saúde Pública de 1964 (Perímetro de proteção), artigo L-20.

Decreto nº 67-1.093 de 15 de Dezembro de 1967 (Regulamenta a aplicação do artigo L-20 do Código de Saúde Pública), artigo 41.

Circular Interministerial de 10 de Dezembro de 1968 (Precisa a função do geólogo oficial).

Código Mineiro (Exploração coordenada), artigo 109-1. (Lei nº 77-620 de 16 de junho de 1977).

Código de Urbanismo (Regulamentação do uso dos solos).

Circular de 09 de Agosto de 1978 (Revista o regulamento sanitário definido pela Circular de 24 de Maio de 1963), artigos 10, 93 (alínea 2) e 98.

Inglaterra

Lei de 1388 (Proibia o lançamento de detritos em rios e outras

águas).

Lei de 1945 (Water Act), seções 18 e 19.

Lei de 1963 (Water Resources Act).

Lei de 1972 (Deposit of Poisonous Water Act).

Lei de 18 de Junho de 1973 (Water Act).

Lei de 1974 (Control of Pollution Act).

Suiça

Lei de 1955 (Proteção das águas contra a poluição).

Lei de 8 de Outubro de 1971 (Controle da poluição).

Ordenança de 19 de junho de 1972 (Proteção das águas).

A N E X O

INVENTÁRIO / MAPAS

LOCALIZAÇÃO			DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AQUÍFERO										DADOS DE PRODUÇÃO										DADOS DE QUALIDADE										EQUIPAMENTO		OBSERVAÇÕES
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Rev. Int. #	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESSURA (m)		NE (m)	N (m)	Rebaixamento (m)	Vazão m³/h	Capacidade Específica m³/h/m	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO₄	HCO₃ mg/l	RS	Dureza Total	NO₂	NO₃	CO₂	Fe	σ microscopos/cm	STD mg/l	pH	Unidade de bombeamento	USO DE ÁGUA					
									Perfurada	Explorada																												
353	r. J. Bernardino Pinto, 99	Vila Guilherme	Janer	1971	237,00	6"	Rocha crist.alt. Rocha crist.	Interstícios Fendas	35,00 127,00	35,00	25,00	120,00	95,00	2,40	0,02	6,00	1,70	6,90	2,70	5,00	22,00		123,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,30		1,60	Bomba subm.	Domiciliar						
354	pç. E. Tietê, 115	Belenzinho	Corner	1962	166,00	8"	Sedimentos	Interstícios	166,00	72,00	52,00	65,00	13,00	14,40	1,10														1,50	Compressor	Industrial							
355	pç. E. Tietê, 115	Belenzinho	Corner	1972	176,50	8"	Sedimentos	Interstícios	175,00	28,00	100,00	114,00	16,00	10,20	0,63	10,80	1,00	39,00		3,00	12,00		31,00					1,50	Bomba subm.	Industrial								
356	av. Henry Ford, 525	Alto da Moóca	Janer	1962	204,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios Interstícios	162,00 22,00	17,43 11,66	26,00	61,00	34,00	18,00	0,52	16,00	0,90	22,60	16,10	6,00	0,50	36,00	171,00	44,00	0,00	0,00	30,00	0,10	174,80	122,36	6,40	Bomba subm.	Comercial					
357	av. Angatuba, 756	Consolação	Janer	1967	250,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios Interstícios	137,00 7,00	23,40 2,80	40,00	81,00	40,00	12,00	0,30																							
358	av. Gen. A. Leonel, 1710	Vila Guilherme																															Desativado					
359	pq. Camorte	Vila Maria	Janer	1973	161,00	8"	Sedimentos Rocha crist.	Interstícios Fendas	154,00 7,00	38,13	11,00	75,00	64,00	12,00	0,18					58,00	10,20		396,00	60,00					6,00				Desativado					
360	av. Roland Garros	Tucuruvi																															Desativado					
361	r. Cruz Lins, 611	Tucuruvi	Air Lift	1970	130,00	8"	Sedimentos	Interstícios	130,00	40,50	24,00	76,50	52,50	3,70	0,07																	Bomba subm.	Industrial					
362	r. Dias da Silva, 193	Vila Maria	Air Lift	1971	161,00	6"	Sedimentos	Interstícios			17,00	49,00	32,00	18,00	0,56																							
363	r. Francisco de Machado, 74	Tucuruvi	Air Lift																															Desativado				
364	av. Ten. Gottomano, 1920	Tucuruvi	Air Lift																															Desativado				
365	pq. Camorte	Vila Maria	Air Lift	1969																														Desativado				
366	pç. Domingos Luís, 20	Santana	Air Lift	1970	150,00	6"	Sedimentos	Interstícios	70,00	12,60	12,00	43,00	31,00	0,20	0,00																			Abandonado				
367	pç. Domingos Luís, 20	Santana	Air Lift	1970	150,00	6"	Sedimentos	Interstícios	70,00	12,60	11,00	44,00	33,00	3,50	0,10																			Desativado				
368	r. Barão do Ladário	Brás	Janer	1961	111,00	6"	Sedimentos	Interstícios	107,00	24,32	31,00	35,00	4,00	31,00	7,75																							
369	r. Ubiratuba, 37	Consolação	Janer	1959	110,00	6"	Sedimentos	Interstícios	65,00	16,59	20,00	80,00	60,00	2,20	0,03																							
370	r. Catumbi, 430	Belenzinho	Janer	1963	144,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios Interstícios	132,00 12,00	13,76 3,44	53,00	80,00	27,00	17,50	0,64																			Desativado				
371	pç. Veiga Cabral, 56	Vila Prudente	Janer	1962	244,00	5"					35,00	50,00	15,00	1,60	0,10																			Desativado				
372	av. Higienópolis	Consolação	Pedro Geller																																			
373	r. Alexandrino Pedroso, 264	Pari	Corner	1973	178,00	8"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios Interstícios	58,00 16,00	14,00 16,00	15,00	62,00	47,00	21,50	0,46									213,40	149,38	6,50	Bomba subm.	Industrial										
374	r. Alexandrino Pedroso, 264	Pari	Corner	1980	66,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios Interstícios	58,00 2,00	10,00 2,09	19,30	35,00	15,70	16,00	1,01									155,60	108,92	6,00	Bomba subm.	Industrial										
375	av. M.D. Figueiredo, 3131	Vila Guilherme	Corner	1972	137,00	8"	Sedimentos	Interstícios	135,00	38,00	49,50	57,00	7,50	51,00	6,50									215,20	150,64	6,00	Bomba subm.	Comercial										
376	r. Dom. St. Veloso, 555	Vila Guilherme	Corner	1962	160,00	8"	Rocha crist.	Fendas	106,00	24,00	7,00	86,00	79,00	8,00	0,10																		Desativado					
377	r. Maj. João Nunes, 9	Santana	Corner	1969	101,00	8"	Sedimentos	Interstícios	51,00	8,00	12,00	22,00	10,00	13,00	1,30																		Desativado					
378	r. N.C. Andrade, 772	Vila Maria	Corner	1968	50,00	8"																											Abandonado					
379	r. N.C. Andrade, 772	Vila Maria	Corner	1968	200,00	10"	Rocha crist.	Fendas	149,00	32,00	29,00	78,00	49,00	28,80	0,58					20,00		491,00	186,00			0,00			8,40	Compressor	Comercial							
380	r. N.C. Andrade, 772	Vila Maria	Pedro Geller																														Desativado					
381	r. N.C. Andrade, 772	Vila Maria	Pedro Geller																														Desativado					
382	r. N.C. Andrade, 772	Vila Maria	Pedro Geller																														Desativado					
383	rodv. Pres. Dutra, km 1,5	Vila Maria	Pedro Geller	1967	180,00																												Uso Eventual					
384	rodv. Pres. Dutra, Km 1,5	Vila Maria	Pedro Geller	1962	180,00	6"								4,00									827,90	579,53	8,00	Compressor	Industrial											
385	r. N.C. Andrade, 1184	Vila Maria	Pedro Geller	1958										24,00									800,60	560,42	8,00	Bomba subm.	Industrial											
386	r. N.C. Andrade, 1184	Vila Maria	Pedro Geller	1959										8,00									758,10	530,67	8,00	Bomba subm.	Industrial											
387	r. N.C. Andrade, 1184	Vila Maria	Pedro Geller	1960		6"								22,00									437,50	306,25	7,00	Bomba subm.	Industrial											
388	r. M. Francisco, 636	Sta. Cecília	Tringil	1982										3,00									135,90	95,13	6,50	Bomba subm.	Comercial											
389	r. A. Pezoso, 264	Pari																															Abandonado					
390	r. A. Pezoso, 264	Pari																															Desativado					
391	r. J. Carlos, 550	Belenzinho																															Desativado					
392	r. Eli, 1172	Vila Maria	Air Lift	1975	135,00						52,00	75,00	23,00	37,50	1,63																		Desativado					
393	r. Eli, 1172	Vila Maria	Air Lift																														Desativado					
394	r. Gávea, 411	Vila Maria	Castiglioni	1973	125,00						15,00	65,00	50,00	12,00	0,24																							
395	r. Dr. L. Vergueiro, 1101	Vila Maria	Air Lift	1970	200,00	8"	Rocha crist.	Fendas	162,00		46,00	68,00	22,00	6,30	0,28					65,00		368,00	120,00	4,00	0,00	0,00	0,30	744,90	521,43	8,60	Bomba subm.	Industrial						
396	r. Tuiuti, 606	Tatuapé	Coperfup	1982	138,00	8"	Sedimentos	Interstícios	138,00		42,00	80,00	38,00	12,00	0,31																							
397	al. Dino Bueno, 383	Sta. Cecília		1978																													Desativado					
398	r. Figueira, 649	Brás	Corner	1955	64,40						19,00	26,00	7,00	8,00	1,14									1548,30	1083,81	5,50	Compressor	Industrial										
399	r. Cantagalo, 76	Tatuapé	Corner	1972	196,00	8"					88,00	120,00	32,00	24,00	0,75					1,00	0,00		10,00			0,20	0,20		6,70									
400	r. Dr. Clementino, 320	Belenzinho	Tringil	1975	160,00	6"	Sedimentos	Interstícios	160,00	30,00	5,00	80,00	75,00	9,00	0,12	15,20	5,30	30,00		48,00	3,00	28,00	740,00	74,00	6,40	0,10	110,00	6,40	5,60			Desativado						
401	r. Restinga, 67	Tatuapé	Corner	1971	126,00						18,00	100,00	82,00	24,00	0,29					2,00	7,00		20,00															
402	r. G. Fernandes, 468	Cambuci	Corner	1955	142,00						45,00	65,00	20,00	6,00	0,30																							
403	r. S. Joaquim, 74	Liberdade		1971	64,00	8"					42,00	64,00	22,00	3,50	0,15																							
404	av. N. Cantareira, 2315	Tucuruvi	Tringil		170,00	8"					35,00	70,00	35,00	3,00	0,08								209,50	146,65	6,20	Bomba subm.	Comercial											
405	r. J. Carlos, 396	Belenzinho	Corner	1937	100,00						16,00	45,00	29,00	22,00	0,75																		Desativado					
406	r. D. Sta. Veloso, 555	Vila Guilherme	Air Lift	1973	108,00	8"	Rocha crist.	Fendas	48,00		14,00	80,00	66,00	1,00	0,01																		Desativado					
407	r. D. Sta. Veloso, 555	Vila Guilherme	Air Lift	1973	140,00	6"	Rocha crist.	Fendas	70,00		24,00	72,00	48,00	4,50	0,09																		Desativado					
408	r. L. Tavares, 87	Vila Guilherme	Air Lift	1972	150,00	8"	Rocha crist.	F																														

LOCALIZAÇÃO			DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AQUIFERO		DADOS DE PRODUÇÃO					DADOS DE QUALIDADE														EQUIPAMENTO							
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Rev. Int. Ø	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESSURA (m)		NE (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão m³/h	Capacidade Específica m³/h/s	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	RS mg/l	Dureza Total	NO ₂	NO ₃	CO ₂	Fe microgramas/cm	STD mg/l	pH	Unidade de bombeamento	USO DE AGUA	OBSERVAÇÕES	
									Perfurada	Explorada																								
137	r. dos Patriotas, 940	Ipiranga	Air Lift	1972	304,00	8"	Sedimentos	Intersticiais	146,00	48,00	38,00	88,00	50,00	2,00	0,64																			
138	r. Maranhão, 261	Consolação	Air Lift	1971	101,50	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Intersticiais	69,00 28,00	19,00 28,00	13,00	68,00	55,00	4,00	0,07																		Desativado	
139	r. Hipólito Soares, 190	Ipiranga	Air Lift	1958	129,00	6"																											Abandonado	
140	r. Hipólito Soares, 190	Ipiranga	Air Lift	1958	82,27	4"	Sedimentos	Intersticiais	82,27	37,27	12,00	40,00	28,00	6,00	0,21																			
141	r. Dr. Vila Nova, 245	Consolação	Air Lift	1942	74,83	6"	Sedimentos	Intersticiais	33,75	16,00	7,00	37,50	30,50	12,00	0,41																		Desativado	
142	r. 25 de Março, 453	SÉ	Air Lift	1948	94,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Intersticiais	82,00 12,00	42,00 12,00	11,00	62,00	51,00	7,80	0,31																		Bomba subm. Comercial	
143	r. Jaibará, 360	Belenzinho	Air Lift	1948	149,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	149,00	79,00	8,00	60,00	52,00	4,50	0,01																		Desativado	
144	r. Barra Tibagi, 274	Bom Retiro	Air Lift	1949	210,00	8"	Rocha crist.alt.	Intersticiais	26,00	26,00	3,80	85,00	81,20	0,20	0,01																		Abandonado	
145	r. Barra Tibagi, 274	Bom Retiro			40,00	4"								5,00																				
146	r. Barra Tibagi, 274	Bom Retiro	Icatu	1942	246,00	6"																											Abandonado	
147	r. Itacolomi, 180	Consolação	Air Lift	1949	90,70	8"	Sedimentos	Intersticiais	83,00	39,00	18,30	22,00	3,70	20,80	5,61																		Desativado	
148	r. Peixoto Gomide, 625	Cerq.César	Air Lift	1949	173,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	164,00	17,42	41,00	67,00	26,00	18,00	0,63																		Desativado	
149	r. Toledo Barbosa, 200	Belenzinho	Air Lift	1949	150,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	150,00	56,00	71,00	90,00	19,00	7,00	0,34																		Desativado	
150	av. Gen. Ataliba Leonel,1177	Santana	Air Lift	1970	170,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	70,00	8,00	3,00	87,00	84,00	2,08	0,04																		Bomba subm. Público	
151	r. Antonio Prudente, 211	Acimação	IGG	1936	95,60	8"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Intersticiais	84,70 10,90	47,90 10,90	3,10	30,50	27,40	16,50	0,61																			
																												48,00	33,60	6,00	Compressor	Comercial		
152	r. Maria Antonia, 116	Consolação	G.Ubaldini	1947	127,00									0,60																			Abandonado	
153	bc. Franklin Roosevelt, 94	Consolação	Gastiglioni	1949	120,00																												Compressor Domiciliar	
154	r. Scuviero, 47	Cambuci	Janer	1955	150,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Intersticiais	40,00 110,00	5,00 23,00	20,00	80,00	60,00	3,00	0,03																			
155	r. Sorocabanos, 517	Ipiranga	Janer	1937	152,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	126,00	33,00	74,00	90,00	16,00	9,00	0,54																			
156	r. Borges Figueiredo, 237	Moóca	Janer	1952	204,00	6"	Rocha crist.	Fendas	64,00		60,00	130,00	70,00	2,00	0,02																			
157	r. Borges Figueiredo, 237	Moóca	Corner	1952	132,00	11 1/2"	Sedimentos	Intersticiais	132,00	23,00	76,00	83,00	7,00	18,00	2,57																		Desativado	
158	r. Borges Figueiredo, 237	Moóca	Corner	1956	126,50	11 1/2"	Sedimentos	Intersticiais	126,00	32,00	50,00	80,00	30,00	19,00	0,63																		Desativado	
159	r. Borges Figueiredo, 237	Moóca	Corner	1949	123,00	8"	Sedimentos	Intersticiais	122,00	12,00	82,00	98,00	16,00	18,00	1,12																		Bomba subm. Industrial	
160	r. Borges Figueiredo, 237	Moóca	Corner	1973	150,00	8"	Sedimentos	Intersticiais	148,00	13,00	97,00	110,00	13,00	13,00	1,00																		Desativado	
161	av. Cruzeiro do Sul, 3200	Santana	Janer	1939	160,00									0,80	0,01																		Bomba subm. Industrial	
162	av. Cruzeiro do Sul, 3200	Santana	Janer	1939	100,00	8"	Rocha crist.	Fendas	64,00		6,00	65,00	59,00	1,60	0,02																		Abandonado	
163	av. Celso Garcia, 2294	Belenzinho	Air Lift	1948	126,00	6"								6,00	0,66																			
164	av. Barão de Limeira, 1379	Barra Funda	Air Lift	1940	95,00	8"	Sedimentos	Intersticiais	93,00	35,00	48,00	51,00	3,00	5,00	1,66																		Não localizado	
165	av. Brig. Luis Antonio, 1343	Bela Vista	Air Lift	1949	155,00	6"	Sedimentos	Intersticiais	154,00	100,00	45,00	54,00	9,00	14,40	1,60																			Compressor Comercial
166	r. José Paulino, 717	Bom Retiro	Corner	1953	86,00	8"																											Uso Eventual Abandonado	
167	r. S.Vicente de Paula, 501	Sta.Cecília	Corner	1946	123,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Intersticiais	45,00 78,00	5,00 28,00	7,00	82,00	75,00	2,00	0,02						2,00		131,00	24,00		10,00	83,80	58,66	6,90	Compressor	Domiciliar			
168	r. Maestro Cardim, 769	Liberdade	Corner	1945	152,50	8"	Sedimentos	Intersticiais	152,50	48,00	36,																							

LOCALIZAÇÃO				DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AQUÍFERO				DADOS DE PRODUÇÃO				DADOS DE QUALIDADE												EQUIPAMENTO		OBSERVAÇÕES								
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Perf. Int. #	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESSURA (m)	NE (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão m³/d	Capacidade Específica m³/h/m	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃ mg/l	RS	Dureza	Total	NO ₂	NO ₃	CO ₂	Fe		o microgms/cm	STD mg/l	pH	Unidade de bombeamento	ISO DE 421A			
				1955	100,80					40,00	78,00	38,00	10,00	0,26																						Desativado	
										63,00			2,00																							Desativado	
207	r. Presid. Costa Pereira	Moóca	Corner																																	Desativado	
208	av. Presid. Wilson, 1628	Moóca	Corner	1978	200,00	6"	Sedimentos	Interstícios	110,00	25,00	72,00	126,00	54,00	8,00	0,14																						
209	av. Paes de Barros, 1417	Moóca	Corner	1972	160,00	8"	Sedimentos	Interstícios	116,00	22,00	60,00	110,00	50,00	7,20	0,14																						
210	av. do Estado, 6679	Moóca	Corner	1973	200,00	8"	Sedimentos	Interstícios	110,00	57,00	100,00	114,00	14,00	18,00	1,28																						
211	r. Marcial, 354/72	Belenzinho	Corner	1980	200,50	8"	Sedimentos	Interstícios	110,00	61,00	112,50	125,00	12,50	16,00	1,28																						
212	r. Marcial, 354/72	Belenzinho	Corner	1963	142,00	8"	Sedimentos	Interstícios	142,00	38,00	90,00	98,00	8,00	4,80	0,60																						
213	av. Paes de Barros, 2761	Vila Prudente	Corner	1953	84,50	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	80,00	23,00	25,00	73,00	48,00	31,50	0,65																						
214	av. do Estado, 7106	Ipiranga	Corner	1957	104,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	114,00	38,00	35,00	70,00	35,00	7,00	0,20																						
215	av. do Estado, 7106	Ipiranga	Corner	1959	109,00	8"	Sedimentos	Interstícios	119,00	47,00	38,00	71,00	33,00	5,00	0,15																						
216	av. do Estado, 7106	Ipiranga	Corner	1962	105,00	8"	Sedimentos	Interstícios	115,00	13,00	46,00	67,00	21,00	7,20	0,34																						
217	av. do Estado, 7106	Ipiranga	Corner	1963	195,00	8"	Sedimentos	Interstícios	94,00	10,00	51,00	130,00	79,00	2,00	0,02																						
218	av. do Estado, 7106	Ipiranga	Corner	1971	250,00	8"	Rocha crist.alt.	Interstícios	110,00	15,00	50,00																										
219	r. Lima Barreto, 375	Cambuci	Corner	1968	137,00	6"	Sedimentos	Interstícios	117,00	58,00	90,00	112,00	22,00	6,50	0,29																						
220	r. Leocádia Cintra, 100	Moóca	Corner	1967	200,00	6"	Sedimentos	Interstícios	135,00	55,00	67,00	98,00	31,00	6,00	0,19																						
221	r. do Oratório, 2215	Alto da Moóca	Corner	1966	148,00	6"	Sedimentos	Interstícios	144,00	32,00	73,00	90,00	17,00	8,00	0,47																						
222	r. do Oratório, 2319	Alto da Moóca	Corner	1967	160,00	6"	Sedimentos	Interstícios	150,00	27,00	55,50	62,50	7,00	20,50	2,92																						
223	r. Bixira, 234	Alto da Moóca	Corner	1967	129,00	8"	Sedimentos	Interstícios	128,00	40,00	67,00	74,00	7,00	24,00	3,42																						
224	r. dos Prazeres, 284	Belenzinho	Corner	1973	142,50	8"	Sedimentos	Interstícios	141,00	52,00	65,00	105,00	40,00	16,50	0,41																						
225	r. dos Prazeres, 284	Belenzinho	Corner	1974	127,50	6"	Sedimentos	Interstícios	129,00	46,00	65,00	113,00	48,00	40,00	0,83																						
226	r. dos Prazeres, 284	Belenzinho	Corner	1974	129,00	6"	Sedimentos	Interstícios	127,00	42,00	58,00	115,00	57,00	45,00	0,78																						
227	r. dos Prazeres, 284	Belenzinho	Corner	1974	142,00	6"	Sedimentos	Interstícios	141,00	57,00	48,00	50,00	2,00	9,00	4,50																						
228	r. dos Prazeres, 284	Belenzinho	Corner	1956	124,00	6"	Sedimentos	Interstícios	124,00	57,00	48,00	50,00	2,00	9,00	4,50																						
229	r. Visc.de Parnaíba, 2888/92	Belenzinho	Corner	1956	124,00	6"	Sedimentos	Interstícios	113,80	43,80	62,00	73,00	11,00	36,00	3,27																						
230	r. Dr. Fomm, 186	Belenzinho	Corner	1949	113,80	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	113,80																												
231	r. Herval, 339	Belenzinho	Corner	1937		11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	106,00																												
232	r. Herval, 339	Belenzinho	Corner	1955	157,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	157,00	64,00	65,00	75,00	10,00	22,00	2,20																						
233	r. Tobias Barreto, 812	Alto da Moóca	Corner	1964	182,00	6"	Sedimentos	Interstícios	181,00	50,00	65,40	80,00	14,60	14,00	0,95																						
234	r. M.R.Paiva, 441/489	Belenzinho	Corner	1978	125,00	6"	Sedimentos</																														

LOCALIZAÇÃO			DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO ANILHLO			DADOS DE PRODUÇÃO															EQUIPAMENTO			OBSERVAÇÕES								
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Prof. Int. (m)	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESURA (m) Perforada Explorada	NE (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão m³/h	Capacidade específica m³/h/m	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	RS mg/l	Dureza Total	NO ₂	NO ₃	CO ₂		Fe	o microhm/cm	STD mg/l	pH	Unidade bombeamento	USO DE ÁGUA		
01	pc. Airton de Abreu	Santana	Corner	1973	250,00	8"	Rocha crist.	Fendas	182,00		24,00	145,00	121,00	7,20	0,05														254,00	177,80	6,00	Bomba subm.	Público		
02	pc. Airton de Abreu	Santana	Corner	1979	250,00	8"	Rocha crist.	Fendas	197,00		68,00	113,00	75,00	4,80	0,06																				
03	av. Santos Dumont, 843	Im Retiro	Corner	1968	150,00	8"	Sedimentos	Interstícios	88,00	27,00*	4,00	155,00	101,00	1,20	0,01																			Abandonado	
04	av. Santos Dumont, 843	Im Retiro	Janer	1975	250,00	6"	Rocha crist.	Fendas	164,00	12,00	53,00	154,00	50,00	12,70	0,25	85,00	8,40	24,50	5,20	6,50		90,0	197,00	98,00	0,30	0,00	47,00	0,20	240,70	168,49	6,60	Bomba subm.	Público		
05	pc. da República	Consolação	Corner	1924	120,00	6"								10,00																				Desativado	
06	pc. da República	Consolação	Janer	1971	148,00	6"	Sedimentos	Interstícios	141,00	28,00	20,00	71,65	51,45	18,73	0,36	4,00	5,00	8,40	3,90	6,00	3,30	20,0	38,00	10,00	0,20	0,00	33,00	0,20	37,00	25,90	5,00	Bomba subm.	Público		
07	r. Sérgio Tomás, 115	Im Retiro	Corner	1970	200,00	8"	Rocha crist.	Fendas	162,00		35,00	115,00	80,00	4,00	0,05																			Uso Eventual	
08	r. Gen. Carmona, 131	Sta. Ifigênia	Corner	1980	150,00	6"	Sedimentos Rocha crist.	Interstícios Fendas	108,00 11,00	10,00	75,00	98,00	23,00	3,00	0,13														231,50	162,05	6,80	Bomba subm.	Público		
09	r. Rodolfo Miranda, 98	Im Retiro	Janer	1972	200,00	8"	Rocha crist.	Fendas	144,00	20,00	8,00	60,00	52,00	8,00	0,15	20,00	28,50	11,40	3,30	5,00	1,70	86,0	164,00	54,00	0,00	0,00	55,00	0,30	76,10	53,27	5,00	Bomba subm.	Comercial		
10	r. Vitor Airesa, 11	Sta. Ifigênia	Janer	1966	130,00	6"	Sedimentos	Interstícios	96,00	47,00	14,00	56,00	42,00	24,00	0,57					3,00		48,0	62,00	18,00	0,00	0,00	15,00	0,20						Desativado	
11	r. Nestor Pestana, 147	Consolação	Corner	1954	131,00	6"	Sedimentos	Interstícios	117,00	65,00	14,00	16,00	2,40	15,00	7,50																			Bomba subm. Público	
12	r. Nestor Pestana, 147	Consolação	Corner	1964	132,00	6"	Sedimentos	Interstícios	120,00	58,00	26,40	48,00	21,40	36,00	1,66																			Bomba subm. Comercial	
13	r. Caio Prado, 365	Consolação	Corner	1975	101,00	8"	Sedimentos	Interstícios	99,00	38,00	21,00	95,00	74,00	11,00	0,14														38,10	26,67	5,20	Bomba subm.	Industrial		
14	r. 13 de Maio, 402/10	Bela Vista	Corner	1968	132,00	6"	Sedimentos	Interstícios	132,00	65,00	34,00	92,00	58,00	11,00	0,18																			Desativado	
15	al. Campinas, 150	Bela Vista	Corner	1979	181,00	6"	Sedimentos	Interstícios	181,00	79,00	60,00	88,80	28,40	13,00	0,45																				
16	r. Maria Antonia, 403	Consolação	Corner	1964	100,00	8"	Sedimentos Rocha crist.	Interstícios Fendas	50,00 11,00	19,00	38,00	56,00	18,00	13,00	0,72														152,00	106,40	5,00	Compressor	Comercial		
17	al. Rio Claro, 190	Bela Vista	Corner	1980	181,00	6"	Sedimentos	Interstícios	178,00	46,00	77,50	119,06	41,47	15,80	0,38																			Bomba subm. Comercial	
18	r. Itacolomi, 570	Consolação	Corner	1969	116,50	6"	Sedimentos	Interstícios	116,50	26,00	26,00	68,00	42,00	12,00	0,28																			Compressor Domiciliar	
19	r. Sergipe, 367	Consolação	Corner	1967	126,50	6"	Sedimentos	Interstícios	120,00	32,00	21,00	42,50	21,50	20,50	0,95														62,70	43,89	5,00	Compressor	Domiciliar		Desativado
20	r. Basílio Machado, 270	Sta. Cecília	Corner	1966	83,00	6"	Sedimentos	Interstícios	74,00	17,00	7,40	52,00	44,00	1,80	0,04																				
21	r. Consolação, 1159	Consolação	Corner	1962	91,00	6"	Sedimentos	Interstícios	91,00	36,00	33,00	38,50	5,00	9,00	1,63																			Desativado	
22	r. Líbero Badurô, 293	Id	Janer	1968	95,00	6"	Sedimentos Rocha crist.alt.	Interstícios	61,00 29,00	15,37 29,00*	12,00	22,00	10,00	10,00	1,00					5,00	0,30	10,0	76,00	50,00	1,60	0,00	13,00	0,20	55,00	38,50	6,20	Bomba subm.	Comercial		
23	r. Arno, 240	Moóca	Corner	1954	118,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	117,00	29,00	34,00	45,00	11,00	50,00	4,54																			Desativado	
24	r. Martins Fontes, 330	Consolação	Janer	1974	127,00	6"	Sedimentos	Interstícios	125,00	20,50	27,00	78,00	51,00	7,89	0,15	2,00	3,30	11,40	2,80	10,00	0,00	26,0	45,00	6,00	0,00	0,00	33,00	0,20	41,00	28,70	5,50	Bomba subm.	Comercial		
25	av. Higienópolis, 370	Consolação	Janer	1970	254,00	6"	Sedimentos Rocha crist.	Interstícios Fendas	47,00 207,00	3,40	23,00	95,05																							

LOCALIZAÇÃO			DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AQUIFERO			DADOS DE PRODUÇÃO			DADOS DE QUALIDADE													EQUIPAMENTO			OBSERVAÇÕES						
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Rev. Int. #	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESSURA (m) Perfurada Explorada	NE (m)	Nd (m)	Rebaixamento (m)	vazão m³/h	Capacidade Específica m³/h/m	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO₄	HCO₃	RS	Dureza Total	NO₂	NI₃	CO₂	Fe		c microg/m³/cm	STD mg/l	pH	Unidade de bombeamento	USO DE ÁGUA	
425	r. C.Braida, 246	Belenzinho	Castiglioni	1971	121,00	5"				21,00	62,00	41,00	2,00	0,04																			Desativado	
426	r. M.R.Paiva, 70	Belenzinho		1947	104,00					29,00			22,00																					
427	r. M.R.Paiva, 70	Belenzinho		1950	129,00					30,00	49,00	19,00	50,00	2,63																				
428	r. M.R.Paiva, 70	Belenzinho		1950	136,00					39,50	54,00	14,50	35,00	2,41																				
429	r. E. de Castro, 85	Moóca		1944	115,70					14,00	62,00	48,00	10,30	0,21																				
430	r. E. de Castro, 85	Moóca		1948	114,50								33,00																					
431	r. J. Holland, 668	Barra Funda		1948	111,00					10,00	30,00	20,00	23,00	1,15																		Desativado		
432	r. Al. Machado, 959	Moóca		1944	136,50						59,00		12,00																				Desativado	
433	r. Alm. Calheiros, 237	Tatuapé		1960	150,00					50,00	60,00	10,00	20,00	2,00																			Desativado	
434	av. Gen. A. Leonel, 1716	Vila Guilherme																															Desativado	
435	r. da Piscina, 75	Pari		1970	71,00																												Desativado	
436	r. Apareíba	Vila Guilherme	Corner																														Desativado	
437	r. Apareíba	Vila Guilherme	Corner																														Desativado	
438	r. Tamandaré, 753	Liberdade																															Compressor Comercial	
439	r. M. Cardim, 769	Liberdade		1952	140,00	8"																											Desativado	
440	r. Augusta, 762	Consolação		1982									3,00																				Uso Eventual	
441	r. S. Joaquim, 74	Liberdade			122,00	6"																											Desativado	
442	r. Brig. Machado, 175	Brás	Corner	1971	122,00	6"	Sedimentos	Interstícios	121,00	12,00	48,00	62,00	14,00	20,50	1,46				35,00	64,00	245,00	64,00	0,00	0,00	23,00	0,20			6,80	Compressor	Industrial	Uso Eventual		
443	r. Brig. Machado, 175	Brás	Geopesisadora	1977	321,00	6"	Rocha crist.	Fendas	57,00	127,00	130,00	3,00	12,00	4,00					29,00	140,00	410,00	80,00	0,00	0,00	12,00	0,40			687,10	450,97	8,30	Bomba subm.	Industrial	Desativado
444	r. Gen. Carneiro, 175	Sê				6"																											Desativado	
445	r. G. Cardim, 532	Brás	Geopesisadora	1966	151,24	8"																											Desativado	
446	r. G. Cardim, 532	Brás	Janer	1975	250,00	8"				65,00	74,80	9,80	29,94	3,05																			Desativado	
447	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
448	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
449	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
450	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
451	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
452	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
453	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
454	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
455	r. G. Cardim, 532	Brás																															Desativado	
456	r. A. Ramos, 991	Belenzinho	Janer	1975	250,00	8"	Sedimentos	Interstícios	197,00	42,60	110,00	117,50	7,50	23,00	3,06				7,00	80,00	168,00	46,00	0,00	0,00	20,00	0,10			226,80	158,76	6,90	Bomba subm.	Industrial	Desativado
457	r. Jaibará, 360	Belenzinho	Permonite	1982										3,00																			Desativado	
458	r. B. Figueiredo, 237	Moóca	Hidrotécnica	1982										10,00																			Desativado	
459	av. M.D.Figueiredo (center norte)	Vila Guilherme	Coperfup	1982	200,00	6"	Rocha crist.	Fendas		50,00	115,00	65,00	5,60	0,08																			Desativado	
460	av. C. Garcia, 1812	Belenzinho	Castiglioni		140,00								8,00																				Uso Eventual	
461	r. Dr. A.Lima, 1130	Brás	Corner	1948	120,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	120,00	23,80	60,00	73,00	13,00	36,00	2,76																		Desativado	
462	r. Dr. A.Lima, 1130	Brás	Corner	1951	143,40	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	143,40	63,00	7,00	37,00	30,00	18,00	0,60																		Desativado	
463	r. Dr. A.Lima, 1130	Brás	Corner	1969	151,00	8"	Sedimentos	Interstícios	150,00	16,00	70,00	85,00	15,00	25,00	1,66																		Desativado	
464	r. Dr. A.Lima, 1130	Brás	Corner	1976	312,00	8"	Sedimentos	Interstícios	121,00	20,00	80,30	88,50	8,20	14,40	1,75																		Desativado	
465	r. Pe. Adelino, 685	Belenzinho	Corner	1957	155,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	155,00	53,00	48,00	80,00	32,00	25,00	0,78																		Desativado	
466	r. Pe. Adelino, 685	Belenzinho	Corner	1973	182,50	8"	Sedimentos	Interstícios	182,50	30,00	103,00	117,00	14,00	20,50	1,46																		Desativado	
467	Campo de Marte	Santana	Icatu	1982	400,00	6"								0,60																			Abandonado	
468	Campo de Marte	Santana	Icatu	1982	322,00	6"								5,40																			Abandonado	
469	Campo de Marte	Santana	Icatu	1982	130,00	6"								5,00																			Abandonado	
470	r. Cassandoca, 841	Alto da Moóca	Castiglioni	1962	110,00	6"								10,00																			Abandonado	
471	r. Cassandoca, 841	Alto da Moóca	Castiglioni	1974	184,00	6"								15,00																			Abandonado	
472	av. Arno, 240	Moóca	Corner	1961	130,00	8"	Sedimentos	Interstícios	126,00	20,00	28,00	50,00	22,00	18,00	0,81																		Abandonado	
473	r. Tuiuti, 606	Tatuapé	Coperfup	1978	140,00	6"	Sedimentos	Interstícios	140,00	30,00	35,00	60,00	25,00	12,00	0,48																		Abandonado	
474	r. Tuiuti, 606	Tatuapé			100,00	6"								7,33																			Abandonado	
475	r. C. Garcia, 3335	Tatuapé	Corner	1969	150,00	6"								24,00																			Abandonado	

Nº de Ordem	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AMPLÍFERO										DADOS DE PRODUÇÃO										DADOS DE QUALIDADE										EQUIPAMENTO				OBSERVAÇÕES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Rev. Int. #	Litologia	Tipo	ESPESSURA (m)		PT (m)	ND (m)	Tratamento (m)	Vazão m³/h	Capacidade específica m³/dia	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	RS	Dureza Total	NO ₂	NO ₃	CO ₂	Fe	pH	STD	Unidade de armazenamento	USO DE ÁGUA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
									Perfurada	Explorada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
69	r. Piauí, 114	Consolação	Jafer	1966	180,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

LOCALIZAÇÃO				DADOS DO POÇO			CARACTERÍSTICAS DO AQUIFERO			DADOS DE PRODUÇÃO						DADOS DE QUALIDADE												EQUIPAMENTO				OBSERVAÇÕES			
Nº de ORDEM	Endereço	Subdistrito	CONSTRUTORA	CONSTRUÇÃO ANO	Prof. (m)	Rev. Int. #	Litologia	Tipo permeabilidade	ESPESSURA (m)		NI (m)	ND (m)	Rebaixamento (m)	Vazão m³/h	Capacidade Específica m³/h/m	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	RS	Dureza Total	NO ₂	NO ₃	CO ₂	Fe	e microbios/cm	STD mg/l	pH		Unidade de bombeamento	USO DE ÁGUA	
									Perfurada	Explorada																									
282	r. da Piscina, 11	Parí	Corner	1963	145,50	8"								0,50																				Abandonado	
283	r. da Piscina, 11	Parí	Corner	1963	168,00	8"	Rocha crist.	Fendas	108,00	28,00	10,10	97,00	87,00	6,00	0,06																				
284	r. do Hipódromo, 987	Brás	Corner	1961	128,00	6"	Sedimentos	Interstícios	122,00	70,00	35,10	70,00	35,00	14,00	0,40																				
285	r. C.D. Roberto Golini, 152	Alto da Moóca	Castiglioni	1961																															
286	r. Dr. Clementino, 320	Belenzinho	Corner	1980	175,00	8"	Sedimentos	Interstícios	173,00	49,00	84,50	102,24	17,94	28,30	1,57																				
287	r. Cap. Pacheco Chaves, 313	Moóca	Corner	1955	130,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	130,00	18,00	13,10	60,00	47,00	16,00	0,34																				
288	r. Joaq. Carlos, 1236	Parí	Corner	1966	120,00	8"	Rocha crist.	Fendas	79,00	34,00	27,50	68,00	40,50	11,00	0,27																				
289	r. Joaq. Carlos, 71	Belenzinho	Corner	1934	76,00	8"	Sedimentos	Interstícios																											
290	r. Joaq. Carlos, 71	Belenzinho	Corner	1944	76,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	76,00	32,00	23,50	40,00	16,50	55,00	3,33																				
291	r. Joaq. Carlos, 71	Belenzinho	Corner	1971	150,00	8"	Sedimentos	Interstícios	62,00	21,00	42,50	101,00	59,00	16,00	0,27																				
292	r. Batista Parente, 166	Parí	Corner	1970	64,00	8"																													
293	r. Batista Parente, 166	Parí	Corner	1970	111,00	8"	Sedimentos	Interstícios	110,00	38,00	35,10	60,00	25,00	27,70	1,10	12,00	3,60	35,50																	
294	r. Sarapuí, 164	Alto da Moóca	Corner	1952	109,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	109,00	17,50	20,10	50,00	30,00	30,00	1,00																				
295	r. Sarapuí, 164	Alto da Moóca	Corner	1970	240,00	8"	Sedimentos	Interstícios	88,00	21,00	20,10	114,00	94,00	7,50	0,07																				
296	r. Aparecida, 829	Vila Guilherme	Corner	1974	104,50	8"	Sedimentos	Interstícios	99,00	26,00	40,10	57,00	17,00	20,50	1,20																				
297	r. Gualachos, 215	Acimação	Corner	1966	141,00	6"	Sedimentos	Interstícios	80,00	22,00	23,50	88,00	64,50	6,00	0,09																				
298	r. Gualachos, 215	Acimação	Corner	1971	153,00	6"	Rocha crist.alt.	Interstícios	52,00	7,00	67,10	105,00	38,00	4,80	0,12																				
299	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Parac	1968	90,00	8"	Sedimentos	Interstícios	88,00	14,00																									
300	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Corner	1972	150,00	8"	Sedimentos	Interstícios	80,00	20,00	34,10	90,00	56,00	25,70	0,45																				
301	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Corner	1973	103,00	8"	Rocha crist.alt.	Interstícios	6,00	20,00																									
302	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Corner	1974	180,00	8"	Sedimentos	Interstícios	58,00	15,00	14,10	51,00	37,00	16,00	0,43																				
303	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Corner	1978	250,00	8"	Rocha crist.alt.	Interstícios	45,00	17,00	10,00	15,10	118,00	103,00	4,30																				
304	r. J.Veloso Filho, 100	Vila Guilherme	Corner	1979	80,00	8"	Sedimentos	Interstícios	66,00	11,00	13,40	82,00	69,00	10,20	0,14																				
305	av. Celso Garcia, 1812	Belenzinho	Corner	1947	137,50	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	78,00	9,00																									
306	av. Celso Garcia, 1812	Belenzinho	Corner	1959	147,00	8"	Sedimentos	Interstícios	137,50	45,00	48,10	57,00	9,00	33,00	3,66																				
307	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1943	106,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	147,00	18,00	50,10	60,00	10,00	40,00	4,00																				
308	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1947	106,00	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	88,00	60,00	41,00																								
309	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1959	127,50	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	127,50	70,50	42,00	54,00	12,00	36,00	3,00																				
310	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1969	116,00	8"	Sedimentos	Interstícios	115,00	37,00	55,00	65,00	10,00	26,00	2,60																				
311	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1969	140,00	8"	Sedimentos	Interstícios	159,00	16,00	60,00	84,00	24,00	30,00	1,25																				
312	r. da Intendência, 91	Belenzinho	Corner	1980	128,50	8"	Sedimentos	Interstícios	128,00	15,00	76,50	89,60	13,30	26,60	2,00																				
313	r. Pres. Costa Pereira, 274	Moóca	Corner	1949	81,30	6"	Sedimentos	Interstícios	81,30	27,90	35,30	42,00	7,00	9,20	1,31																				
314	r. Pres. Costa Pereira, 274	Moóca	Corner	1955	100,80	11 1/2"	Sedimentos	Interstícios	100,80	10,00	38,30	78,00	40,00	12,00	0,30																				
315	r. Maria Antonia, 36	Consolação	Aguabrás	1969	112,00	6"	Rocha crist.	Fendas	92,00		12,00	54,00	42,00	20,00	0,47																				
316	r. Miguel Teles Jr., 382	Cambuci	Aguabrás	1970	174,00	8"	Sedimentos	Interstícios			34,00	60,00	26,00	14,00	0,53																				
317	r. do Hipódromo, 1057	Brás	Aguabrás	1970	131,00	8"	Rocha crist.	Fendas	115,00		1,00	30,00	29,00	25,00	0,86																				
318	r. Cons. Broteri, 1486	Sta. Cecília	Aguabrás	1964	107,00	8"	Rocha crist.	Fendas	53,00		20,00	72,00	52,00	2,40	0,04																				
319	r. D. Adma Jafet, 91	Cerq. César	Aguabrás	1969	120,00	6"	Sedimentos	Interstícios	120,00	6,00	20,00	60,00	40,00	8,00	0,20																				
320	r. D. Adma Jafet, 91	Cerq. César	Aguabrás	1973	112,00	6"	Sedimentos	Interstícios	112,00	36,00	10,00	75,00	65,00	12,00	0,18																				
321	r. D. Adma Jafet, 91	Cerq. César	Aguabrás	1975	131,00	6"	Sedimentos	Interstícios	131,00	20,00	13,00	60,00	47,00	10,00	0,21																				
322	r. Nani Jafet, 45	Ipiranga	Aguabrás	1971	210,00	8"	Sedimentos	Interstícios	165,00		46,00	85,00	39,00	7,00	0,17																				
323	r. Frei Caneca, 205	Bela Vista	Aguabrás	1969	90,00		Sedimentos	Interstícios	67,00		4,00	60,00	56,00	6,00	0,10																				

DIAGRAMA PAINEL DA ESTRATIGRAFIA DA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUN. 1983) POR ALBERTO PACHECO

LEGENDA

- argila; argila-arenosa; areia-argilosa
- areia fina, média a grossa
- rocha cristalina alterada
- rocha cristalina dura

ESCALAS

LOCALIZAÇÃO DO DIAGRAMA PAINEL

FIGURA II

MAPA DOS POÇOS INVENTARIADOS NA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUNHO 1983) POR ALBERTO PACHECO

FIGURA 12

Desenho: S. K. OJIMA

MAPA DE CLASSES DOS POÇOS EM EXPLORAÇÃO NA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUN. 1983) POR ALBERTO PACHECO

DADOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA NA ÁREA CENTRAL DO
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUN. 1983) POR ALBERTO PACHECO

MAPA DE QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUN. 1983) POR ALBERTO PACHECO

FIGURA 22

FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO NA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

(JUN. 1983) POR ALBERTO PACHECO

FIGURA 25