



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
**José Serra**  
*Governador*

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
**Francisco Graziano Neto**  
*Secretário do Meio Ambiente*

CETESB Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental  
**Fernando Rei**  
*Diretor-Presidente*

São Paulo, Março de 2007





**Fernando Rei**  
*Diretor – Presidente*

**Marcelo de Souza Minelli**  
*Diretor de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental*

**Otávio Okano**  
*Diretor de Controle de Poluição Ambiental*

**Edson Tomaz de Lima Fº**  
*Diretor de Gestão Corporativa*





**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**

# **RELATÓRIO DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Período 2004 - 2006**

**São Paulo  
2007**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418r CETESB (São Paulo)

Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo  
2004-2006 / CETESB. -- São Paulo : CETESB, 2007.

199 p. : il. ; 30 cm. -- (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio  
Ambiente, ISSN 0103-4103)

Publicado anteriormente In: Relatório de qualidade ambiental do estado  
de São Paulo.

Publicado simultaneamente em CD ROM.

Disponível também em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

1. Águas subterrâneas – poluição – São Paulo (Est.) 2. Águas subterrâneas –  
qualidade – São Paulo (Est.) 3. Aquíferos - São Paulo (Est.) 4. Monitoramento - redes  
5. Poços tubulares I. Título. II. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 628.114 816 1

CDU (ed. 99 port.) 556.388 (815.6)

Margot Terada CRB 8.4422

Impresso em março de 2007

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Distribuição: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345 – Alto de Pinheiros

Tel.: 3133.3000 – CEP 05489-900 – São Paulo – SP

Internet: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

# Ficha Técnica

## **Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental**

Eng. Marcelo de Souza Minelli

## **Depto. de Tecnologia de Solo, Águas Subterrâneas e Resíduos Sólidos**

Eng. Giuseppe Giulio Michelino

## **Divisão de Qualidade de Solo, Água Subterrânea e Vegetação**

### **Supervisão Geral**

Biól.Dr<sup>a</sup> Dorothy Carmen Pinatti Casarini

## **Setor de Qualidade de Águas Subterrâneas**

Eng.Ms. Agrônomo	Claudio Luiz Dias
Geóloga	Elzira Dea Alves Barbour
Geógrafa Ms	Rosângela Pacini Modesto
Eng. Química Ms	Marcia Sayuri Ohba
Arquiteto Ms	Fabiano Fernandes Toffoli
Química	Maria Thereza de Oliveira Filha
Geólogo	Geraldo Gilson de Camargo
Escriturária	Rita de Cassia Moraes

## **Setor de Qualidade de Solo e Vegetação**

Biol. Ms. Mara Magalhães Gaeta Lemos

## **Estagiários**

Geol. Eduardo Silva Telles Bicudo Valle  
Geol. Aranda Calió do Reis  
Geog. Diego Emanuel Campos Oliveira  
Eng. Amb. Carla Marçal Silva  
Eng. Amb Renné Alvin  
Biól. Denilson Ezequiel de Mello

## **Coordenação Técnica**

Eng. Agrônomo Claudio Luiz Dias  
Geóloga Elzira Dea Alves Barbour

## Colaboradores

Tecnólogo	Ives Alcazar Gomes – Divisão de Informações Corporativas
Bióloga	Gisela Umbuzeiro – Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microb. Ambiental
Biólogo	Simone Silva Valente
Química	Giselda Passos Giafferis – Divisão de Produção e Reservação do Departamento de Águas e Esgotos de Bauru – DAE
Engenheiro	Eng. Adalton Gilberto Santini - Diretor Técnico – Departamento de Águas e Esgoto de Ribeirão Preto - DAERP

## Coleta de Amostras e Análises Laboratoriais

Agência Ambiental de Ribeirão Preto	Agência Ambiental de Bauru
Agência Ambiental de Pirassununga	Agência Ambiental de Marília
Agência Ambiental de Franca	Agência Ambiental de Presidente Prudente
Agência Ambiental de São J. do Rio Preto	Agência Ambiental de Araçatuba
Agência Ambiental de Barretos	Agência Ambiental de Sorocaba
Agência Ambiental de Araraquara	Agência Ambiental de Itapetininga
Agência Ambiental de Piracicaba	Agência Ambiental de Taubaté
Agência Ambiental de Campinas I	Agência Ambiental de Jacaré
Agência Ambiental de Campinas II	Agência Ambiental de Aparecida
Agência Ambiental de Limeira	Agência Ambiental de Mogi das Cruzes
Agência Ambiental de Americana	
Setor de Amostragem em Ambientes Aquáticos e Ensaio Granulométricos	
Setor de Química Inorgânica e Radioatividade	
Setor de Química Orgânica	
Setor de Microbiologia e Parasitologia	
Setor de Mutagenicidade e Citotoxicidade	
Setor de Laboratório de Ribeirão Preto	
Setor de Laboratório de Campinas	
Setor de Laboratório de Marília	
Setor de Laboratório de Sorocaba	
Setor de Laboratório de Taubaté	

## Transporte de Amostras

Setor de Serviços Administrativos e Documentação

## Editoração Gráfica

Rita de Cassia Guimarães - ARDT - Setor de Transferência de Conhecimento Ambiental  
Capa - SMA/Centro de Editoração



# Apresentação

A água subterrânea no Estado de São Paulo tem importante papel no abastecimento público e cada vez mais é utilizada para os usos preponderantes que incluem os usos agrícola, industrial, comercial e residencial, por meio de captações em diferentes aquíferos.

As ações de proteção desse recurso ambiental exigem conhecê-lo, no que se refere à sua ocorrência, quantidade e qualidade, bem como efetuar o correto zoneamento do uso e ocupação do solo. Esta é uma tarefa complexa e que envolve diferentes instituições do poder público e da sociedade civil organizada.

A CETESB realiza, desde 1990, o monitoramento da qualidade da água subterrânea por meio de coletas semestrais em pontos de monitoramento distribuídos nos principais aquíferos do Estado, pelo qual são avaliados mais de 40 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, possibilitando a publicação deste relatório técnico a cada três anos.

O presente relatório, quinto da série, visa à sistematização das informações obtidas no período de 2004 a 2006, no qual foram amostrados 184 pontos de monitoramento. Mais de 30.000 determinações analíticas foram realizadas pelos laboratórios da CETESB, que nos últimos anos investiram em sua atualização tecnológica com significativas melhorias em seus limites de quantificação analítica.

A fim de possibilitar a aplicação dos resultados na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, estes são apresentados não somente por aquíferos, mas também regionalizados por Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI's, com o objetivo de contribuir na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos e Relatórios de Situação.

Foi também atualizado, com base no cadastro do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, o mapa de uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo, mostrando que a porcentagem de municípios que se utilizam desse recurso, total ou parcialmente, subiu de 72% em 1997 para 80% em 2006, principalmente em função do abastecimento de pequenas comunidades.

Neste período, a CETESB, o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e o Centro de Vigilância Sanitária Estadual trabalharam conjuntamente na propositura de procedimentos integrados aplicados à proteção do recurso hídrico subterrâneo e à proteção da saúde humana, principalmente no que se refere às soluções coletivas alternativas de abastecimento, e à declaração de áreas de restrição e controle do uso da água subterrânea, em função de alterações de quantidade ou qualidade da água.

Cumpre ainda informar que a CETESB disponibiliza essas informações à sociedade também pela Internet, no endereço [www.cetesb.sp.gov.br/solo/agua\\_sub/relatorios.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/agua_sub/relatorios.asp), em atendimento ao seu papel social de proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população do Estado.

**Fernando Rei**  
Diretor-Presidente  
CETESB



# Índice

LISTA DE QUADROS .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	XIII
 RESUMO EXECUTIVO .....	 XV
 1 INTRODUÇÃO .....	 1
 2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE .....	 5
2.1 A Hidrogeologia do Estado de São Paulo .....	5
2.2 Síntese dos Resultados Analíticos dos Parâmetros Monitorados por Aquífero .....	11
2.2.1 Parâmetros Físicos e Químicos .....	11
2.2.2 Ensaios de Genotoxicidade .....	21
2.2.3 Monitoramento de Substâncias Orgânicas Voláteis .....	23
2.2.4 Referência de Qualidade .....	24
2.3 Síntese dos Resultados do Monitoramento de Qualidade da Água Subterrânea por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI .....	30
2.3.1 Características Sócio-econômicas das UGRHIs do Estado de São Paulo .....	30
2.3.2 Qualidade das águas subterrâneas por UGRHI .....	34
 3 ALTERAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS .....	 125
3.1 Nitrato como indício de alteração da qualidade das águas .....	125
3.2 Ocorrência de Cromo total em concentrações acima do padrão de potabilidade. ....	127
3.3 A ocorrência de Fluoreto em concentrações acima do padrão de potabilidade. ....	129
3.4 A ocorrência de Bário em concentrações acima do valor de intervenção. ....	130
3.5 Demais parâmetros que apresentaram não conformidade em relação aos valores orientadores de intervenção. ....	131
3.6 Casos de Contaminação da Águas Subterrâneas por Substâncias Orgânicas .....	132
 4 CONCLUSÕES .....	 135
 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	 139

## Índice

ANEXO 1	Descrição dos pontos de monitoramento da CETESB no período 2004 – 2006 .....	143
ANEXO 2	Resultados das análises das águas subterrâneas nos pontos monitorados pela CETESB no período 2004-2006 .....	155
ANEXO 3	Metodologia do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas.....	167
ANEXO 4	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos subterrâneos .....	179
ANEXO 5	Monitoramento de Qualidade de Água Subterrânea executado por autarquias municipais responsáveis pelo abastecimento .....	189
ANEXO 6	Carta de Belo Horizonte – Monitoramento de Águas Subterrâneas .....	195

## Lista de Quadros

Quadro 1	Resumo do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas no período de 2004 a 2006 .....	XVII
Quadro 2.1	Substâncias orgânicas cancerígenas que são detectadas pelo teste de Ames .....	21
Quadro 2.2	Principais características gerais e físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) .....	31
Quadro 2.3	Síntese das características sócio econômicas do Estado de São Paulo, por UGRHI .....	32
Quadro 2.4	Estimativa dos índices de utilização de água subterrânea em relação à reserva explotável, por UGRHI .....	34

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Valores de Referência de Qualidade - VRQ, por aquífero, no Estado de São Paulo .....	XX
Tabela 2.1	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Bauru no período 2004 a 2006 .....	12
Tabela 2.2	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Guarani no período 2004 a 2006 .....	13
Tabela 2.3	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Serra Geral no período 2004 a 2006 .....	14
Tabela 2.4	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Tubarão no período 2004 a 2006 .....	15
Tabela 2.5	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Taubaté no período 2004 a 2006 .....	16
Tabela 2.6	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero São Paulo no período 2004 a 2006 .....	17
Tabela 2.7	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero pré-Cambriano no período 2004 a 2006 .....	18
Tabela 2.8	Resultados do 3º Quartil, por Aquífero, nos períodos 1998-2000, 2001-2003 e 2004-2006 .....	19
Tabela 2.9	Resultados obtidos em ensaios de genotoxicidade pelo método de micro suspensão com extração por resina XAD4, com as linhagens TA98 e TA100, por ponto de monitoramento selecionado .....	23
Tabela 2.10	Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea Estabelecidos para o Estado de São Paulo .....	25
Tabela 2.11	Valores de Referência de Qualidade (VRQ), por Aquífero .....	28
Tabela 2.12	Valores de Referência de Qualidade (VRQ), independentes dos aquíferos, para metais-traço, em comparação com valores de intervenção .....	29
Tabela 2.13	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 2 .....	36
Tabela 2.14	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 4 .....	40
Tabela 2.15	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 5 .....	44
Tabela 2.16	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 5 .....	45
Tabela 2.17	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 5 .....	45
Tabela 2.18	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 6 .....	50
Tabela 2.19	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 6 .....	51
Tabela 2.20	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 6 .....	52

## Lista de Tabelas

Tabela 2.21	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 6 .....	52
Tabela 2.22	Alteração de qualidade da água subterrânea por Chumbo total na UGRHI 6 .....	52
Tabela 2.23	Alteração de qualidade da água subterrânea por Chumbo total na UGRHI 8 .....	55
Tabela 2.24	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 8 .....	56
Tabela 2.25	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 9 .....	60
Tabela 2.26	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 10 .....	64
Tabela 2.27	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 10 .....	65
Tabela 2.28	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 10 .....	65
Tabela 2.29	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 12 .....	69
Tabela 2.30	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 12 .....	70
Tabela 2.31	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 13 .....	74
Tabela 2.32	Alteração de qualidade da água subterrânea por bário total na UGRHI 13 .	75
Tabela 2.33	Pontos com de indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 13 .....	75
Tabela 2.34	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 14 .....	80
Tabela 2.35	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 15 .....	84
Tabela 2.36	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 15 .....	85
Tabela 2.37	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 16 .....	89
Tabela 2.38	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 16 .....	90
Tabela 2.39	Alteração de qualidade da água subterrânea por bário total na UGRHI 17.	93
Tabela 2.40	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 17 .....	94
Tabela 2.41	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 18 .....	98
Tabela 2.42	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 18 .....	99
Tabela 2.43	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 18 .....	99
Tabela 2.44	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 19 .....	104
Tabela 2.45	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 19 .....	105
Tabela 2.46	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 19 ...	105

## Lista de Tabelas

Tabela 2.47	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 20 .....	110
Tabela 2.48	Alteração de qualidade da água subterrânea por Bário total na UGRHI 20 .....	111
Tabela 2.49	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 20 .....	111
Tabela 2.50	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 20 .....	111
Tabela 2.51	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 20 .....	112
Tabela 2.52	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 21 .....	116
Tabela 2.53	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 21 .....	117
Tabela 2.54	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 21 .....	117
Tabela 2.55	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 21 .....	117
Tabela 2.56	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 22 .....	121
Tabela 2.57	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 22 .....	122

## Lista de Figuras

Figura 1	Qualidade de Água Subterrânea e Rede de Monitoramento .....	XIX
Figura 2	Uso da água subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo .....	XXII
Figura 2.1	Seção geológica esquemática de caráter interpretativo e generalizado do Estado de São Paulo .....	6
Figura 2.2	Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo .....	7
Figura 2.3	Divisão do Estado em vinte de duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos .....	30
Figura 2.4	Mapa da UGRHI 2 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade .....	37
Figura 2.5	Mapa da UGRHI 4 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade .....	41
Figura 2.6	Mapa da UGRHI 5 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações de parâmetros em não conformidade .....	47
Figura 2.7	Mapa da UGRHI 6 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	53
Figura 2.8	Mapa da UGRHI 8 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	57

## Lista de Figuras

Figura 2.9	Mapa da UGRHI 9 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade .....	61
Figura 2.10	Mapa da UGRHI 10 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	67
Figura 2.11	Mapa da UGRHI 12 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	71
Figura 2.12	Mapa da UGRHI 13 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	77
Figura 2.13	Mapa da UGRHI 14 com a localização dos pontos de monitoramento .....	81
Figura 2.14	Mapa da UGRHI 15 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade .....	87
Figura 2.15	Mapa da UGRHI 16 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ....	91
Figura 2.16	Mapa da UGRHI 17 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ....	95
Figura 2.17	Mapa da UGRHI 18 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	101
Figura 2.18	Mapa da UGRHI 19 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	107
Figura 2.19	Mapa da UGRHI 20 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ...	113
Figura 2.20	Mapa da UGRHI 21 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ...	119
Figura 2.21	Mapa da UGRHI 22 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	123
Figura 3.1	Medianas das concentrações de Nitrato ao longo do tempo no Aquífero Bauru .....	127
Figura 3.2	Concentrações máximas de Nitrato por período de monitoramento .....	127



## Lista de Siglas e Abreviaturas

ABAS .....	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT .....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA .....	Agência Nacional de Águas
CETESB .....	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH .....	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRH .....	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA .....	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM .....	Serviço Geológico do Brasil
DAEE .....	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMBRAPA .....	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
IG .....	Instituto Geológico
IPT .....	Instituto de Pesquisas Técnicas
LQ .....	Limite de Quantificação
MMA .....	Ministério do Meio Ambiente
OMS .....	Organização Mundial de Saúde
PERH .....	Plano Estadual de Recursos Hídricos
RMSP .....	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP .....	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE .....	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SMA .....	Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo
UFC .....	Unidade Formadora de Colônias
UGRHI .....	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USEPA .....	Environmental Protection Agency of United States
VI .....	Valor de Intervenção
VMP .....	Valor Máximo Permitido
VOCs .....	Compostos Orgânicos Voláteis
VP .....	Valor de Prevenção
VRQ .....	Valor de Referência de Qualidade

