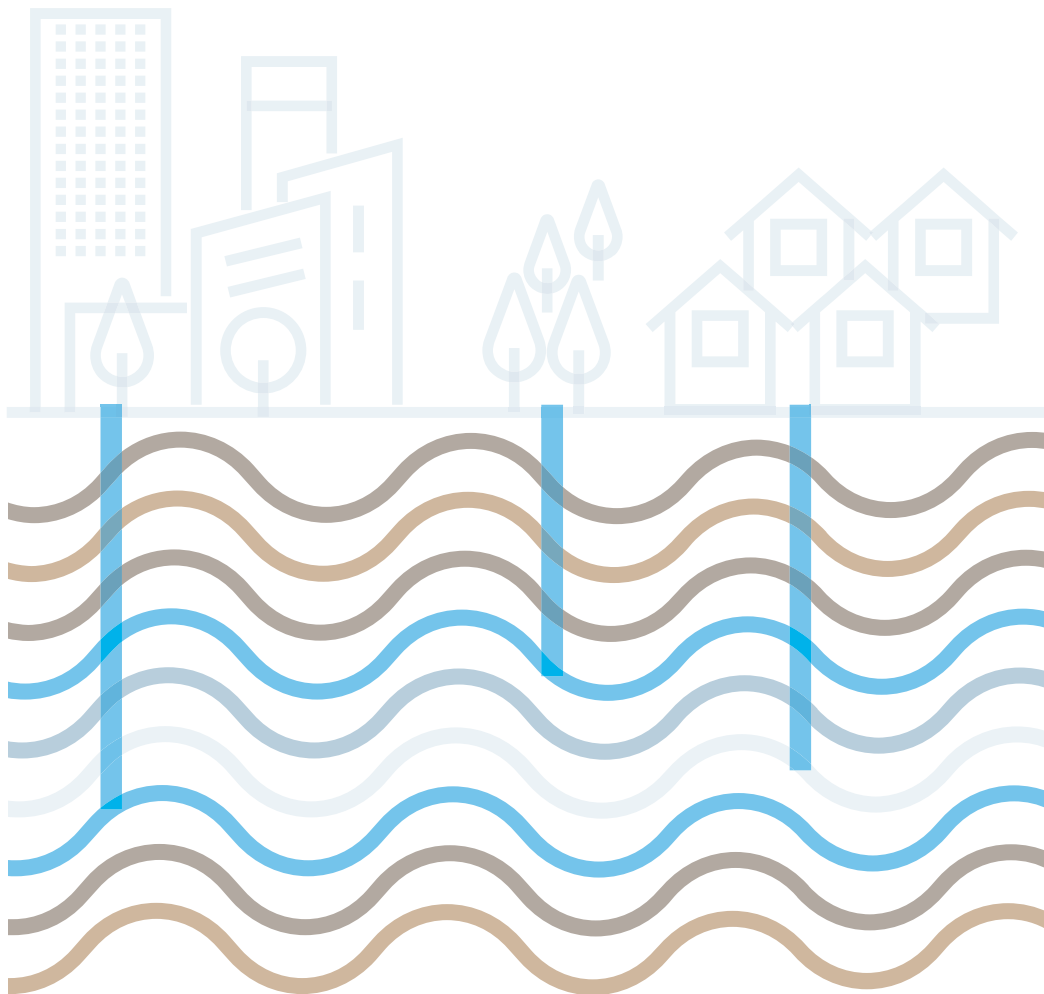




Relatório de Metodologia para Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas



RELATÓRIO DE METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

São Paulo
2025

Governo do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
Natália Resende - Secretária de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Thomaz Miazaki de Toledo - Diretor-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa
Liv Nakashima Costa - Diretora

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Adriano Rafael Arrepia de Queiroz - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Maria Helena R. B. Martins - Diretora

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Mayla Matsuzaki Fukushima - Diretora

FICHA TÉCNICA

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Quím. Maria Helena R. B. Martins
Departamento de Qualidade Ambiental
Biól. Fábio Netto Moreno
Divisão de Qualidade das Águas e do Solo
Farm. Bioq. Lilian Barrella Peres
Setor das Águas Subterrâneas e do Solo
Eng. Agr. Paloma Ribeiro Berton

Equipe Técnica

Geóg. Rosângela Pacini Modesto (Coord.)	Eng. Agr. Paloma Ribeiro Berton
Arq. Fabiano Fernandes Toffoli	Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos
Eng. Geól. Luand Roberto Aparecido Piassa	Biól. Gisela Vianna Menezes
Biól. Paulo Fernando Rodrigues	Est. Geóg. Felipe Ibanez Giuntini
Téc. Adm. Marcos Lupertz Reis	Est. Gest. Amb. Lucineia Fernandes Lima

Colaboração

Amostragem e Análises Laboratoriais

Divisão de Amostragem	Divisão de Laboratório de Taubaté
Divisão de Laboratório de Campinas	Divisão de Microbiologia e Parasitologia
Divisão de Laboratório de Cubatão	Setor de Análises Toxicológicas
Divisão de Laboratório de Limeira	Setor de Química Inorgânica
Divisão de Laboratório de Marília	Setor de Química Orgânica
Divisão de Laboratório de Ribeirão Preto	Setor de Serviços Administrativos e Documentação
Divisão de Laboratório de Sorocaba	

Projeto Gráfico
Vera Severo

Editoração
Tikinet

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345 – Alto de Pinheiros Tel.: 3133.3000 – CEP 05459-900 – São Paulo – SP - Brasil

Concluído em dezembro/2025.

Este relatório está disponível também na página da CETESB: <http://www.cetesb.sp.gov.br>

Listas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos pontos de monitoramento Rede de Monitoramento de Qualidade por Sistema Aquífero no Estado de São Paulo.....	11
Figura 2 – Evolução do número de pontos da Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas	12
Figura 3 – Evolução do número de pontos de monitoramento de qualidade da Rede Integrada CETESB – SP Águas.	16
Figura 4 – Localização dos pontos de monitoramento integrado de qualidade e quantidade das redes estadual e nacional das águas subterrâneas no estado de São Paulo	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de pontos de monitoramento por Sistema Aquífero e UGRHI	13
Tabela 2 – Metodologias analíticas.....	20
Tabela 3 – Valores de Referência de Qualidade - VRQ das águas subterrâneas no estado de São Paulo.....	25
Tabela 4 – Proposta de Valores de Referência de Qualidade das Águas Subterrâneas.....	26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura do monitoramento de qualidade das águas subterrâneas.....	9
---	---

Sumário

Metodologia para Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas	7
1. Contexto legal e histórico do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas no Estado de São Paulo.....	7
2. Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas	8
2.1 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas	10
2.2 Rede de Monitoramento Integrado de Qualidade e Quantidade das Águas Subterrâneas	16
3. Parâmetros de qualidade das águas subterrâneas	19
3.1 Metodologias analíticas	20
4. Tratamento dos resultados.....	23
5. Padrões de Qualidade	24
6. Indicadores de Qualidade	26
Referências	27

Metodologia para Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas

1. Contexto legal e histórico do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas no Estado de São Paulo

Embora as águas subterrâneas sejam naturalmente mais protegidas dos agentes contaminantes do que as superficiais, a grande expansão das atividades antrópicas em áreas urbanas e rurais foram provocando, ao longo do tempo, poluição pontual das águas subterrâneas sobretudo por armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos químicos, efluentes e resíduos, incluindo o uso inadequado de fertilizantes e agrotóxicos.

No âmbito da estruturação da CETESB e suas funções, o regulamento da Lei Estadual nº 997 de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, editado em 8 de setembro de 1976, dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente e, em seus artigos 5º e 6º, atribuiu à CETESB a competência de criar programas para prevenção e controle da poluição dos meios, bem como realizar a coleta de amostras ambientais destinadas à avaliação da qualidade ambiental do meio.

A primeira proposta de formação de uma rede monitoramento de qualidade surgiu em 1979, quando a CETESB, em convênio com o DAEE e a empresa Israelense ENCO-TAHAL, concluiu um projeto relativo ao controle de poluição das águas subterrâneas na Bacia do Taubaté, propondo recomendações para a proteção da sua qualidade. Destaca-se aquela relativa ao monitoramento, visando identificar, de modo preventivo, focos de contaminação (CETESB, s.d.), cuja proposta considerava uma rede de 65 poços tubulares e 12 piezômetros, selecionados em função da vulnerabilidade do aquífero ao risco de poluição, do uso e ocupação do solo (agrícola, urbano, industrial), da proximidade de fontes potenciais de poluição (indústrias, aterros e lagoas de tratamento de efluentes) e tendo em vista, ainda, as distintas regiões do aquífero (área de recarga, intermediária e descarga), alinhando os poços perpendicularmente às linhas piezométricas. As amostragens seriam semestrais (março e setembro), com parâmetros de campo e de laboratório, além de substâncias inorgânicas específicas, selecionadas em função da fonte potencial de poluição mais próxima (CETESB, s.d.). Embora a rede não tenha sido implementada, o projeto estruturou a metodologia para a sua implantação.

Em 1988, a Lei Estadual nº 6.134, promulgada em 2 de julho, estabeleceu diretrizes “para a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado”, e foi regulamentada pelo Decreto Estadual nº 32.955 de 07 de fevereiro de 1991, definindo a necessidade de um programa permanente de preservação e conservação das águas subterrâneas e o papel da CETESB como órgão gestor da qualidade dessas águas.

Esses princípios foram amplamente contemplados pela Constituição Paulista, promulgada em 05 de outubro de 1989. Destaca-se o Artigo 206, que estabelece que *“As águas subterrâneas, reservas estratégicas para o desenvolvimento econômico-social e valiosas para o suprimento de água às populações, deverão ter programa permanente de conservação e proteção contra poluição e superexploração, com diretrizes em lei”*.

Assim, a CETESB iniciou o monitoramento em 1990, dando origem à Rede CETESB de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas, implementada de forma pioneira no país, considerando-se as determinações legais, bem como sua importância crescente em seus diferentes usos, notadamente o consumo humano.

A Lei Estadual nº 13.542, de 8 de maio de 2009, que deu nova redação a artigos da Lei Estadual nº 997 de 31 de maio de 1976, em especial ao artigo 2º, atualizou e tornou mais claro as atribuições da CETESB, entre elas, a de *“executar o monitoramento ambiental, em especial da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, do ar e do solo”*.

Ainda em 2009, a CETESB iniciou em conjunto com o DAEE, atual Agência de Águas do Estado de São Paulo – SP Águas, a operação de uma rede de monitoramento integrado de qualidade e quantidade das águas subterrâneas, visando a determinação de parâmetros indicadores de qualidade e a mensuração do nível d'água em poços dedicados ao monitoramento da porção mais superficial do aquífero livre.

2. Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas

O Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas foi estruturado, como já mencionado, com vistas à avaliação da qualidade da água bruta, considerando principalmente seu uso prioritário, ou seja, para abastecimento público, e evoluiu ao longo do tempo com a ampliação do número de pontos, aquíferos e parâmetros monitorados.

O Quadro 1 resume a estrutura de operação do Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas e detalha as etapas de planejamento, implantação, avaliação de resultados e ações de controle.

Quadro 1 – Estrutura do monitoramento de qualidade das águas subterrâneas

Planejamento	Determinação legal
	Objetivos do monitoramento
	Dimensionamento dos recursos humanos, financeiros e materiais envolvidos
	Atores sociais afetos
	Dimensionamento da coleta, acondicionamento e transporte das amostras
	Definição e capacidade analítica dos laboratórios
	Seleção do corpo hídrico a ser monitorado
	Seleção da área ou território a ser monitorado
	Seleção de poço existente ou nascente a ser monitorada ou construção de poço
	Vistoria do poço para caracterização do uso do solo do entorno e georreferenciamento
	Definição dos parâmetros a serem amostrados
	Definição da frequência de amostragem
Implementação	Preparação das campanhas de coleta
	Realização das coletas por laboratórios
Avaliação dos resultados	Controle de erros analíticos
	Armazenamento e compartilhamento das informações
	Interpretação estatística e espacial, avaliação de tendências
	Divulgação dos resultados
Tomada de decisão das ações por parte dos gestores, considerando os objetivos do monitoramento	Retroalimentação do sistema

Os objetivos do monitoramento de qualidade foram sendo aprimorados ao longo do tempo e na atualidade consistem em:

- Caracterizar a qualidade das águas subterrâneas brutas;
- Estabelecer Valores de Referência de Qualidade – VRQ para cada substância de interesse, por aquífero;
- Avaliar as tendências das concentrações das substâncias monitoradas, em períodos de cada 10 anos;
- Identificar áreas com alterações de qualidade;
- Subsidiar as ações de prevenção e controle da poluição do solo e da água subterrânea, junto às Agências Ambientais;
- Avaliar a eficácia dessas ações ao longo do tempo;
- Subsidiar as ações de gestão da qualidade do recurso hídrico subterrâneo junto aos Comitês de Bacias Hidrográficas; e
- Subsidiar a classificação dos aquíferos, visando seu enquadramento, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 396/2008.

2.1 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas

Os critérios utilizados para a seleção dos aquíferos a terem sua qualidade monitorada, no primeiro momento, foram sua importância para abastecimento público e sua vulnerabilidade e risco à contaminação. Desse modo, a Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas foi constituída inicialmente por poços tubulares de extração de água dos Sistemas Aquíferos Bauru e Guarani, amplamente empregados para essa finalidade. No decorrer do tempo houve a ampliação do diagnóstico desse recurso hídrico contemplando outros aquíferos do Estado de São Paulo.

Além dos critérios de risco iminente de poluição, priorização em função da vulnerabilidade do aquífero às atividades antrópicas e utilização da água subterrânea para abastecimento público, outros critérios foram levados em consideração, como disponibilidade regional das águas e áreas de afloramento dos aquíferos.

A distribuição espacial dos poços de monitoramento também passou a considerar o critério de densidade de pontos relativos às áreas de afloramento dos aquíferos e sistemas aquíferos paulistas em cada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI, visto que *"a bacia hidrográfica é a unidade de gerenciamento e planejamento"*, de acordo com a Política Estadual de Recursos Hídricos (Art. 3º, II da Lei Estadual nº 7663 de 30 de dezembro de 1991), buscando atender recomendações internacionais de representatividade espacial de, no mínimo, um ponto a cada 1000 km².

Em 1994 a Rede contava com 74 poços tubulares, incluindo poços tubulares dos sistemas aquíferos Serra Geral e Pré-Cambriano (Cristalino). Já em 1997, ampliada para cerca de 140 pontos, monitorava também as águas dos sistemas aquíferos Taubaté e Tubarão. Em 2003, iniciou-se o monitoramento do Sistema Aquífero São Paulo e as nascentes e fontes minerais localizadas na Região Metropolitana de São Paulo (UGRHI 6 – Alto Tietê), época em que 167 pontos estavam ativos. Em 2010 iniciou-se o monitoramento do Aquíclube Passa Dois e, em 2013, o monitoramento na UGRHI 1 – Mantiqueira.

A Rede de Qualidade não dispõe de pontos de monitoramento nas UGRHIs 3 – Litoral Norte e 7 – Baixada Santista em razão da insignificância das águas subterrâneas para o abastecimento público. A UGRHI 6 – Alto Tietê possui maior densidade de pontos, com 39 poços de monitoramento em 2024, em função do potencial poluidor do maior centro urbano e industrial do país e da importância da água subterrânea na complementação do abastecimento público, sendo estimada sua participação em 18% do total de água utilizado pela população metropolitana (Hirata *et al.*, 2019).

Atualmente a Rede é constituída por 320 pontos de monitoramento (2024), distribuídos predominantemente em poços destinados ao abastecimento público, em alguns poços de extração de águas minerais e de uso industrial e em algumas nascentes, conforme pode ser visualizada na Figura 1. A evolução de pontos de monitoramento ao longo do tempo pode ser observada na Figura 2.

Figura 1 – Distribuição dos pontos de monitoramento Rede de Monitoramento de Qualidade por Sistema Aquífero no Estado de São Paulo

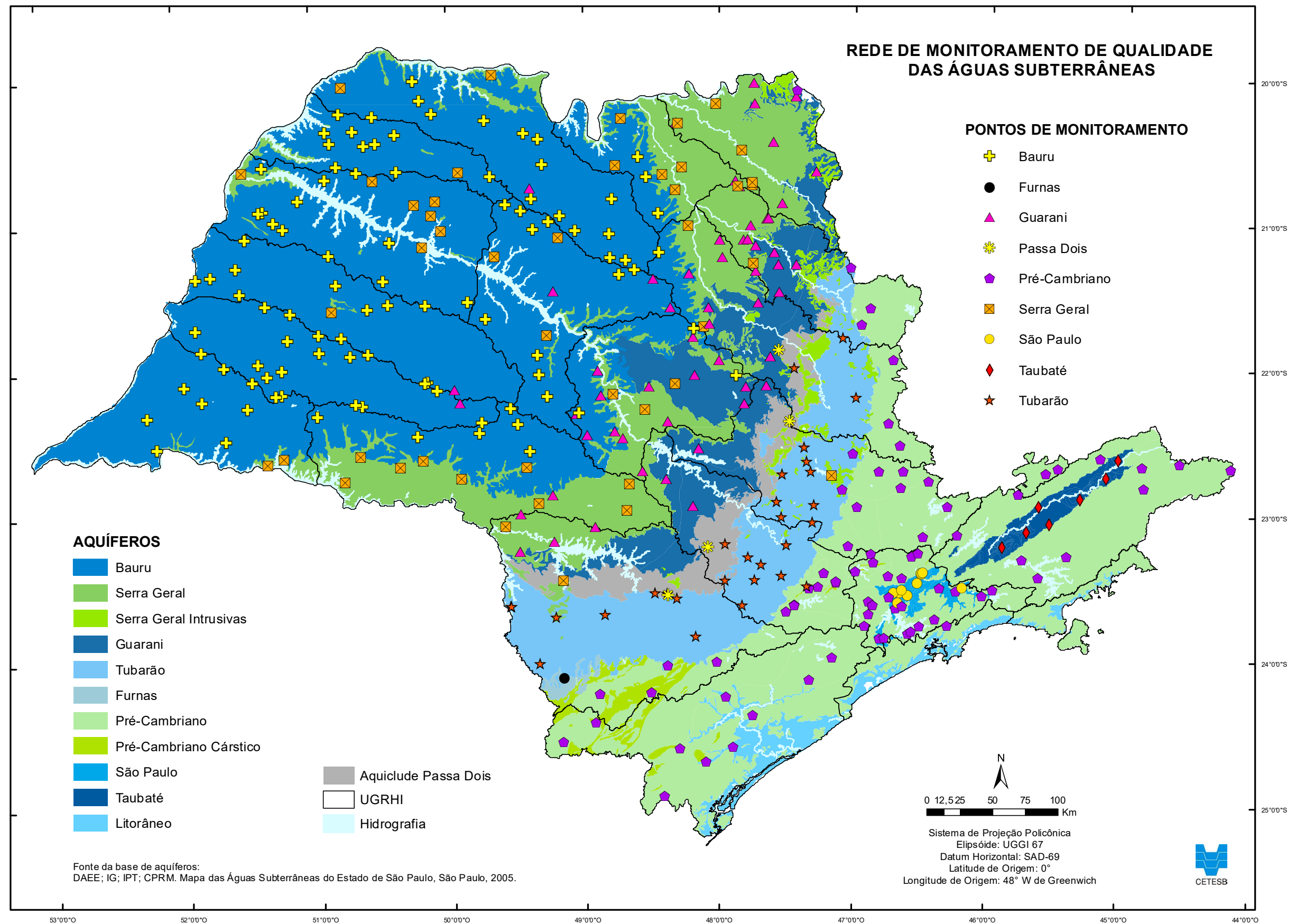
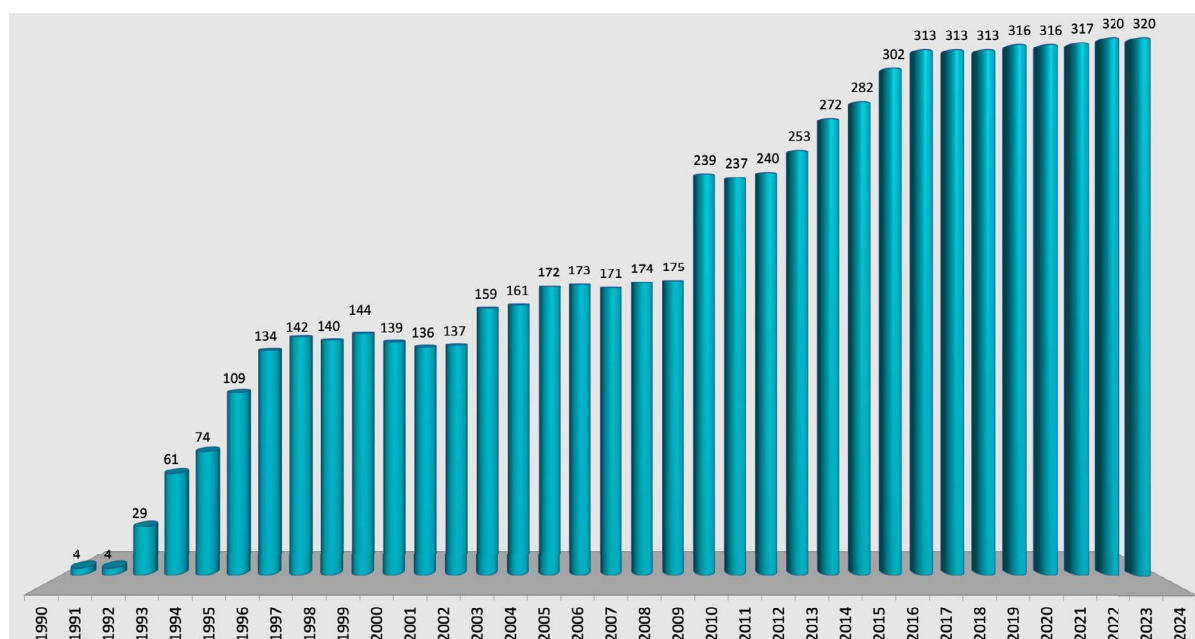


Figura 2 – Evolução do número de pontos da Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas

A seleção de poços incluídos na Rede de Monitoramento de Qualidade segue os seguintes critérios de elegibilidade:

- A construção do poço deve seguir as diretrizes das normas ABNT NBR 12.244/2006 e NBR 12.212/2017;
- Os filtros do poço devem estar posicionados em um único aquífero ou sistema aquífero, de modo que a água bruta captada seja representativa deles;
- Possuir outorga regular do DAEE, atual SP Águas;
- Possuir proteção contra contaminação local (laje de proteção e tubo de boca);
- Existência de uma torneira no cavalete de saída da água do poço, de modo a captar água bruta, antes de passar por qualquer tratamento;
- Priorização de poços de abastecimento público e de água mineral; e
- Facilidade de acesso.

Os critérios para seleção das nascentes são:

- vazão perene durante o ano todo, com preferência para nascentes com vazões maiores;
- proteção contra enxurradas;
- instalação de sistemas de captação, a fim de facilitar a coleta de amostras; e
- acessibilidade.

A obtenção da autorização dos proprietários dos poços e nascentes para realização das amostragens também é condição necessária para inclusão de pontos na Rede.

Além das informações obtidas em cadastro, as vistorias de campo são necessárias para a avaliação do uso e ocupação do solo no entorno dos pontos, das condições locais dos poços e nascentes quanto à acessibilidade e condições de amostragem da água.

O número de pontos distribuído em todo território paulista, considerando a representatividade de, no mínimo, 1 ponto a cada 1.000 km², segundo as áreas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos e de afloramento dos sistemas aquíferos é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de pontos de monitoramento por Sistema Aquífero e UGRHI (continua)

UGRHI		Afloramento do Sistema Aquífero na UGRHI		Representatividade Espacial dos Pontos de Monitoramento		
Nome	Área (km²)	Área (km²)	%	Nº Mínimo (1 por 1.000km²)	Nº pontos da Rede	Área por ponto da Rede (km²)
Sistema Aquífero Bauru						
5-PCJ	14.178	425	3	0	0	-
8-Sapucai Grande	9.125	456	5	0	0	-
9-Mogi	15.004	1.050	7	1	1	1.050
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	118	1	0	0	-
12-Baixo Pardo Grande	7.239	3.402	47	3	3	1.134
13-Tietê Jacaré	11.779	4.358	37	4	3	1.453
14-Alto Paranapanema	16.749	167	1	0	0	
15-Turvo Grande	15.925	14.333	90	14	14	1.024
16-Tietê Batalha	13.149	12.755	97	13	9	1.417
17-Médio Paranapanema	22.689	13.613	60	14	7	1.945
18-São José Dourados	6.783	6.376	94	6	11	580
19-Baixo Tietê	15.588	14.029	90	14	12	1.169
20-Aguapeí	13.196	12.536	95	13	13	964
21-Peixe	10.769	10.231	95	10	15	682
22-Pontal Paranapanema	12.395	11.156	90	11	9	1.240
Total	196.397	105.006	54	105	97	1.083
Sistema Aquífero Serra Geral						
4-Pardo	8.993	2.158	24	2	2	1.079
5-PCJ	14.178	101	1	0	1	101
8-Sapucai Grande	9.125	4.563	50	5	4	1.141
9-Mogi	15.004	2.251	15	2	2	1.125
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	355	3	0	0	-
12-Baixo Pardo Grande	7.239	3.475	48	3	6	579
13-Tietê Jacaré	11.779	4.123	35	4	3	1.374
14-Alto Paranapanema	16.749	1.675	10	2	2	837
15-Turvo Grande	15.925	1.593	10	2	2	796
16-Tietê Batalha	13.149	394	3	0	3	131
17-Médio Paranapanema	22.689	8.849	39	9	9	983
18-São José Dourados	6.783	407	6	0	1	407
19-Baixo Tietê	15.588	935	6	1	7	134
20-Aguapeí	13.196	132	1	0	1	132
21-Peixe	10.769	108	1	0	0	-
22-Pontal Paranapanema	12.395	744	6	1	2	372
Total	205.390	31.861	16	32	45	708

Tabela 1 – Número de pontos de monitoramento por Sistema Aquífero e UGRHI (continua)

UGRHI		Afloramento do Sistema Aquífero na UGRHI		Representatividade Espacial dos Pontos de Monitoramento		
Nome	Área (km²)	Área (km²)	%	Nº Mínimo (1 por 1.000km²)	Nº pontos da Rede	Área por ponto da Rede (km²)
Sistema Aquífero Guarani						
4-Pardo	8.993	2.068	23	2	11	188
5-PCJ	14.178	2.127	15	2	2	1.063
8-Sapucai Grande	9.125	1.369	15	1	7	196
9-Mogi	15.004	2.701	18	3	7	386
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	2.484	21	2	2	1.242
12-Baixo Pardo Grande	7.239	0	0	0	1 *	0
13-Tietê Jacaré	11.779	2.709	23	3	14	194
14-Alto Paranapanema	16.749	1.675	10	2	2	837
15-Turvo Grande	15.925	0	0	0	1 *	0
16-Tietê Batalha	13.149	0	0	0	3 *	0
17-Médio Paranapanema	22.689	0	0	0	3 *	0
20-Aguapeí	13.196	0	0	0	1 *	0
21-Peixe	10.769	0	0	0	1 *	0
Total	170.624	15.133	17,2**	15	55	275
Sistema Aquífero Tubarão						
4-Pardo	8.993	989	11	1	1	989
5-PCJ	14.178	3.403	24	3	8	425
9-Mogi	15.004	1.200	8	1	2	600
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	4.258	36	4	8	532
14-Alto Paranapanema	16.749	7.202	43	7	8	900
Total	66.753	17.053	26	17	27	632
Furnas						
14-Alto Paranapanema	16.749	502	3	1	1	502
Total	16.749	502	3	1	1	502
Sistema Aquífero Cristalino						
1-Mantiqueira	675	675	100	1	2	338
2-Paraíba do Sul	14.444	11.989	83	12	10	1.199
3-Litoral Norte	1.948	1.617	83	2	0	-
4-Pardo	8.993	2.878	32	3	3	959
5-PCJ	14.178	5.955	42	6	10	595
6-Alto Tietê	5.868	4.108	70	4	24	171
7-Baixada Santista	2.818	1.353	48	1	0	-
8-Sapucai Grande	9.125	913	10	1	1	913
9-Mogi	15.004	1.350	9	1	3	450
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	2.839	24	3	7	406
11-Ribeira	17.068	13.484	79	13	11	1.226
14-Alto Paranapanema	16.749	3.015	18	3	4	754
Total	118.699	50.173	42,2	50	75	669

Tabela 1 – Número de pontos de monitoramento por Sistema Aquífero e UGRHI (conclusão)

UGRHI		Afloramento do Sistema Aquífero na UGRHI		Representatividade Espacial dos Pontos de Monitoramento		
Nome	Área (km²)	Área (km²)	%	Nº Mínimo (1 por 1.000km²)	Nº pontos da Rede	Área por ponto da Rede (km²)
Aquífero São Paulo						
6-Alto Tietê	5.868	1.760	30	2	9	196
Total	5.868	1.760	30	2	9	196
Sistema Aquífero Taubaté						
2-Paraíba do Sul	14.444	1.733	12	4	7	248
Total	14.444	1.733	12	4	7	248
Aquiclude Passa Dois						
4-Pardo	8.993	360	4	0	0	-
5-PCJ	14.178	1.418	10	1	1	1.418
9-Mogi	15.004	1.200	8	1	1	1.200
10-Sorocaba Médio Tietê	11.829	1.301	11	1	1	1.301
14-Alto Paranapanema	16.749	2.010	12	2	1	2.010
Total	66.753	6.289	9	6	4	1.572

* Poços captam água do Sistema Aquífero Guarani

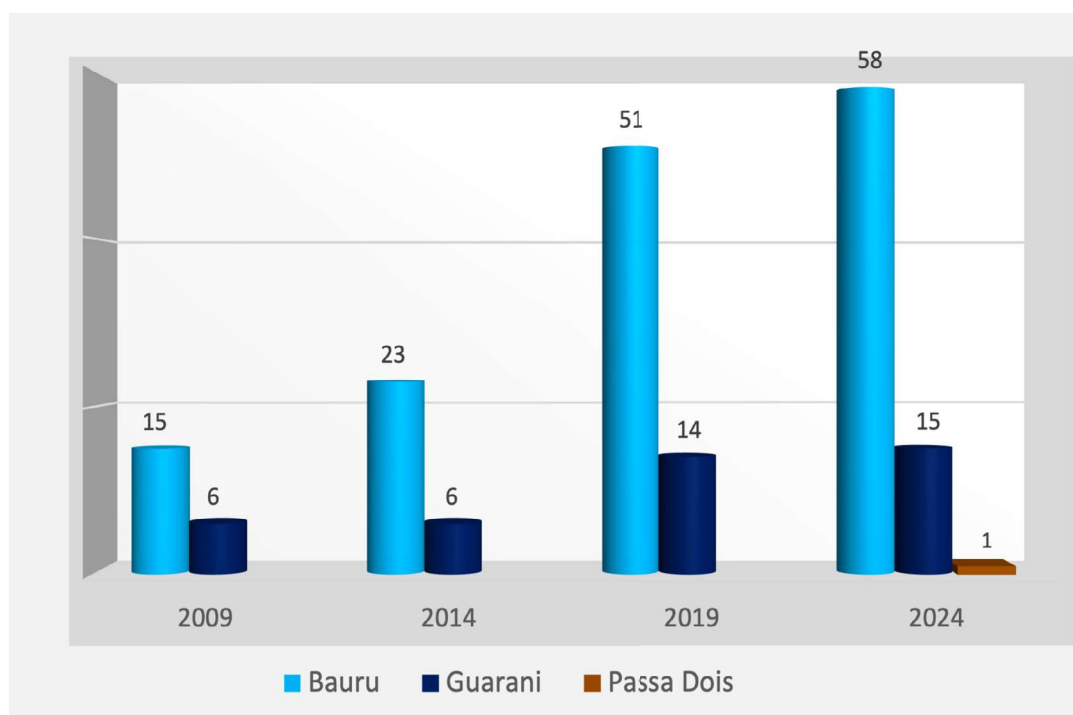
** Inclui apenas as áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani

2.2 Rede de Monitoramento Integrado de Qualidade e Quantidade das Águas Subterrâneas

A Rede de Monitoramento Integrado de Quantidade e Qualidade das Águas Subterrâneas foi inaugurada em 2009 por iniciativa e parceria dos órgãos gestores CETESB e DAEE, atual SP Águas.

Essa rede foi iniciada com a construção de 21 poços dedicados ao monitoramento (piezômetros) com profundidade média de 40 metros. Entre 2013 e 2018 foram instalados mais 36 poços de monitoramento, e em 2022, a Rede foi acrescida por mais 11 poços. Alguns pontos foram desativados por problemas construtivos ou operacionais, de modo que, em 2024, estavam ativos 73 pontos localizados nos sistemas aquíferos Bauru e Guarani e um ponto pertencente ao Aquicludo Passa Dois (Figura 3).

Figura 3 – Evolução do número de pontos de monitoramento de qualidade da Rede Integrada CETESB – SP Águas.



Os objetivos do monitoramento de qualidade na *Rede Integrada* são os mesmos descritos para a *Rede de Qualidade*, com enfoque na porção mais rasa do aquífero livre, potencialmente mais vulnerável a impactos decorrentes do uso e ocupação do solo. O monitoramento quantitativo, sob responsabilidade do SP Águas, ocorre por meio da mensuração do nível de água e visa a estimativa desse recurso hídrico e a identificação de impactos de sua exploração.

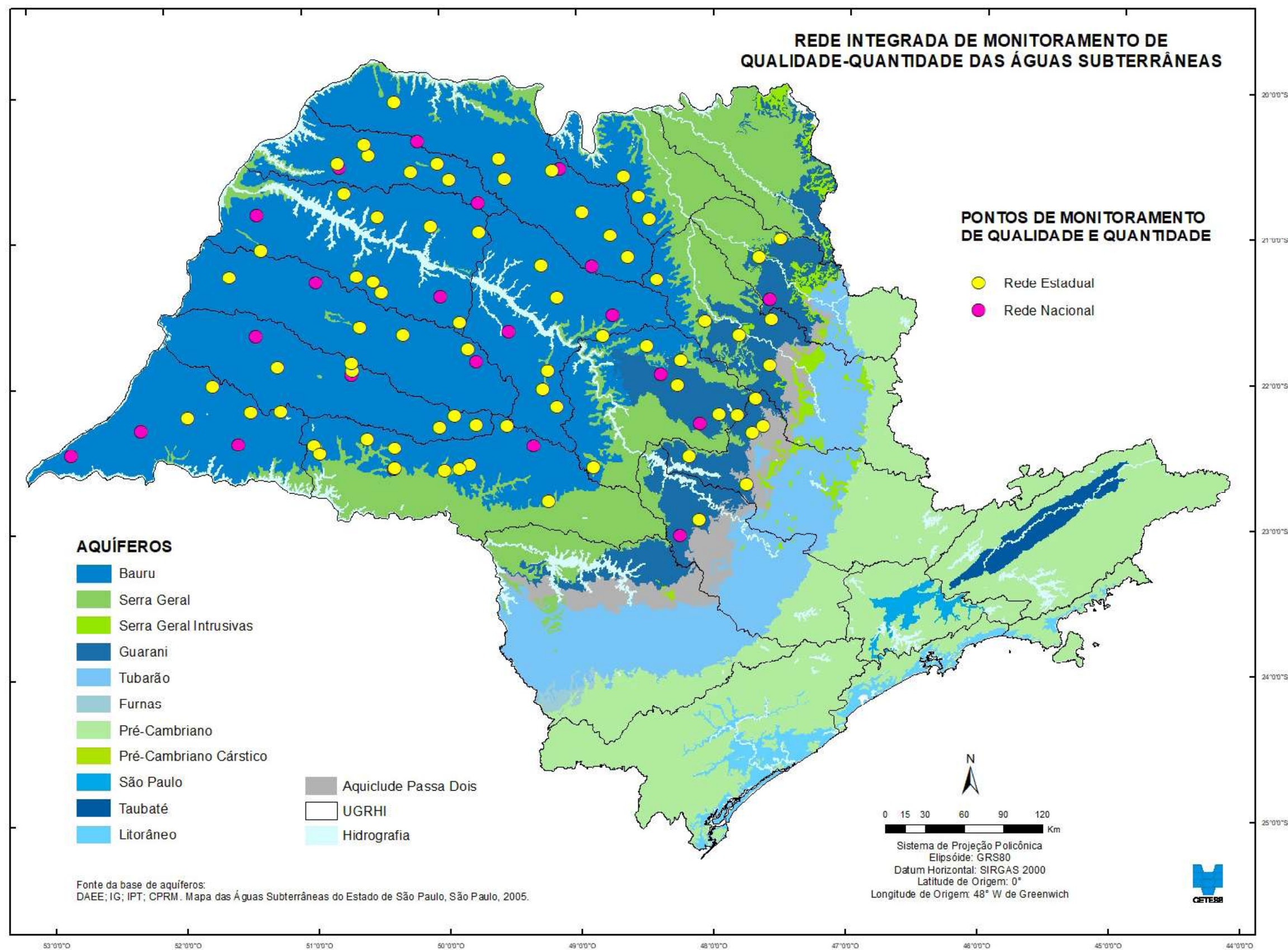
Os critérios de seleção dos sistemas aquíferos Bauru e Guarani para o monitoramento foram a representatividade espacial de suas áreas de afloramento, uma vez que ocupam cerca 50% do território paulista, e sua importância para o abastecimento público de água dos municípios da região e atividades econômicas. A seleção dos locais para instalação de poços de monitoramento foi realizada em função de sua proximidade aos postos pluviométricos e fluviométricos da Rede Hidrológica Básica da SP-Águas (<http://www.daee.sp.gov.br/site/hidrologia>).

O objetivo maior do monitoramento de qualidade e quantidade é subsidiar a formulação de ações de planejamento e gestão da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Complementar à rede estadual, no ano de 2024, a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS) nacional possuía 24 poços localizados no estado paulista, construídos e monitorados pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (<https://rimasweb.sgb.gov.br/layout/apresentacao.php>).

A Figura 4 mostra a localização dos pontos de monitoramento integrado no estado de São Paulo.

Figura 4 – Localização dos pontos de monitoramento integrado de qualidade e quantidade das redes estadual e nacional das águas subterrâneas no estado de São Paulo



3. Parâmetros de qualidade das águas subterrâneas

As águas subterrâneas adquirem suas características químicas em razão de seu contato com as rochas que as armazenam e por onde penetram, em fluxos horizontais e verticais. Além disso, sua qualidade é influenciada pelas atividades antropogênicas que são praticadas nas áreas de afloramento, principalmente cargas poluidoras pontuais de origem doméstica ou industrial e pelas cargas difusas de origem urbanas ou rurais.

Em consonância com objetivos do monitoramento estadual de qualidade, os parâmetros selecionados para as duas redes de monitoramento são apresentados a seguir.

Parâmetros Físicos: temperatura da água e do ar e sólidos dissolvidos totais.

Parâmetros Químicos Inorgânicos: pH, alcalinidade bicarbonato, alcalinidade carbonato, alcalinidade hidróxido, condutividade elétrica, dureza total, nitrogênio nitrato, nitrogênio nitrito, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio Kjeldhal total, nitrogênio total, carbono orgânico dissolvido, cloreto, fluoreto, sulfato e as concentrações totais de alumínio, antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, crômio, crômio hexavalente, estanho, estrôncio, ferro, fósforo, lítio, magnésio, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, potássio, prata, selênio, sódio, titânio, urânio, vanádio e zinco.

Na Rede Integrada, além dos parâmetros acima, são medidos também potencial redox, oxigênio dissolvido e turbidez.

Parâmetros Químicos Orgânicos: compostos orgânicos voláteis e agrotóxicos têm sido analisados nos pontos das redes de monitoramento ao longo tempo, em sistema de rodízio. Ou seja, a cada triênio aproximadamente 25% dos pontos são analisados e alternados nos triênios posteriores.

Compostos Orgânicos Voláteis: (1,1,1,2-Tetracloroetano; 1,1,1-Tricloroetano; 1,1,2,2-Tetracloroetano; 1,1,2-Tricloroetano; 1,1-Dicloro-1-propeno, 1,1-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, 1,2,3-Triclorobenzeno, 1,2,3-Tricloropropano, 1,2,4-Triclorobenzeno, 1,2,4-Trimetilbenzeno, 1,2-Dibromoetano, 1,2-Diclorobenzeno, 1,2-Dicloroetano, 1,2-Dicloropropano, 1,3,5-Triclorobenzeno, 1,3,5-Trimetilbenzeno, 1,3-Diclorobenzeno, 1,3-Dicloropropano, 1,4-Diclorobenzeno, 1-Cloro-2-Metilbenzeno, 1-Cloro-4-Metilbenzeno, 2,2-Dicloropropanocis, 2,3,4,5-Tetraclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol, 2,4,5-Triclorofenol, 2,4,6-Triclorofenol, 2,4-Diclorofenol, 2-Clorofenol, 3,4-Diclorofenol, Benzeno, Bromobenzeno, Bromoclorometano, Bromodiclorometano, Bromofórmio, Cis-1,2-Dicloroetano, Cloreto de Metileno (Diclorometano), Cloreto de Vinila, Clorobenzeno, Clorofórmio, Dibromoclorometano, Dibromometano, Dibromofluorometano, Estireno, Etilbenzeno, Hexaclorobutadieno, Isopropilbenzeno (Cumeno), m-Xileno + p-Xileno, n-Butilbenzeno, n-Propilbenzeno, o-Xileno, Pentaclorofenol (PCP), p-Isopropiltolueno, sec-Butilbenzeno, terc-Butilbenzeno, Tetracloro de Carbono, Tetracloroetano, Tolueno, trans-1,2-Dicloroetano, Tricloroetano; 2,3,4,5-Tetraclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol, 2,4-Diclorofenol, 2-Clorofenol, 3,4-Diclorofenol, 2,4,5-Triclorofenol, 2,4,6-Triclorofenol, 2-Clorotolueno, 4-Clorotolueno.

Agrotóxicos: Alaclor, Aldrin, alfa BHC, beta BHC, cis-Clordano, delta BHC, Dieldrin, Endossulfan I, Endossulfan II, Endossulfan Sulfato, Endrin, Endrin Aldeído, Endrin Cetona, Heptacloro, Heptacloro epóxico, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Mirex, pp' DDD, pp'DDE, pp' DDT, Toxafeno 62, Toxafeno 50, Toxafeno 26, trans Clordano, Trifuralina, Clorpirifós, Clorpirifós-oxon, Demeton O, Demeton S, Gution, Malation, Paration, Paration metílico, Profenofós, Terbufós, Triclorfon, Tiodicarbe, Tiametoxam, Tebutiuram, Tebuconazol, Metomil, MCPA, Imidacloprido, Fluazifope-p-butílico, Fipronil, Diuram, Dimetoato, Ciproconazol, Carbosulfano, Carbofurano, Carbendazim, Carbaril, Bentazona, Azoxistrobina, Aldicarbe Sulfóxido, Aldicarbe Sulfona,

Aldicarbe, 2,4-D, 2,4,5-TP, 2,4,5-T do grupo pesticidas; Ametrina, Atrazina, Simazina do grupo de herbicidas triazinas; Metolacolor, Molinato, Pendimetalina e Propanil, que não fazem parte dos outros grupos.

Parâmetros Microbiológicos: coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses parâmetros são analisados apenas na Rede de Qualidade (poços tubulares e nascentes).

Atividade estrogênica: ensaio que avalia a presença de interferentes endócrinos, que são compostos que possuem a capacidade de interferir na produção ou na ação dos hormônios, com potencial de causar danos ao sistema reprodutor e imunológico de organismos superiores, especialmente organismos aquáticos. Sua presença nos mananciais subterrâneos tem origem na contaminação por esgoto doméstico, pesticidas ou outros compostos aplicados no solo. São monitorados 25% dos pontos das redes anualmente, com alternância dos pontos a cada triênio.

A amostragem de qualidade tem **frequência semestral** em ambas as redes e ocorre nos períodos de abril a maio e de setembro a novembro de cada ano. A programação das coletas de amostras de aproximadamente 400 pontos de monitoramento ao longo de cada período garante a manutenção da frequência semestral.

Os laboratórios da CETESB localizados em Campinas, Cubatão, Limeira, Marília, Ribeirão Preto, São Paulo, Sorocaba e Taubaté executam as coletas de amostras de água e os ensaios analíticos na maioria dos pontos. Eventualmente laboratórios externos são contratados para ensaios de parâmetros específicos não realizados nos laboratórios próprios e realizam também a amostragem nos pontos de monitoramento para esses ensaios.

3.1 Metodologias analíticas

As metodologias analíticas utilizadas nos ensaios das amostras de águas subterrâneas são descritas na Tabela 2 seguir.

Tabela 2 – Metodologias analíticas (continua)

Parâmetro	Metodologias analíticas
Parâmetros Básicos	
Alcalinidade Hidróxido	Método SMWW 2320 B(a) Potenciometria com eletrodo combinado
	Método 2320 B - Titulométrico
Alcalinidade Bicarbonato	Método SMWW 2320 B(a) Potenciometria com eletrodo combinado
	Método 2320 B - Titulométrico
Alcalinidade Carbonato	Método SMWW 2320 B(a) Potenciometria com eletrodo combinado
	Método 2320 B - Titulométrico
Alumínio Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Arsênio Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Atividade estrogênica	Extração em fase sólida e atividade estrogênica por BLYES, de acordo com Sanseverino et al., 2005.
Bactérias Heterotróficas	Método SMWW Seções 9215 B e 9223 B (a)
Bário Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Berílio Total	Método 6010C (c)
Boro	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)

Tabela 2 – Metodologias analíticas (continua)

Parâmetro	Metodologias analíticas
Cádmio Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Cálcio Total	Método US EPA 6010D (c)
Carbono Orgânico Dissolvido e Carbono Orgânico Total	Método 5310 B - SMWW - TOTAL ORGANIC CARBON (TOC) - High Temperature Combustion Method - APHA, AWWA, WEF - 24rd, 2023
	Método SMWW 5310 C (a) - oxidação com persulfato na presença de calor ou luz ultravioleta
Chumbo Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Cloreto Total	Método SMWW 4110 B - Cromatografia Iônica
	Método SMWW, 24ª Edição, 4110 B.
Fluoreto Total	Método SMWW 4110 B - Cromatografia Iônica
	Método SMWW, 24ª Edição, 4110 B.
Lítio Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Magnésio Total	Método US EPA 6010D (c)
Manganês Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Mercúrio Total	Método US EPA 6020B
	Método SMWW 3112 (a) Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio
	Método US EPA 1631E
Níquel	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Lítio	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Nitrogênio Amoniacal	Método SMWW 4500 NH3 B e 4500 NH3 C - Destilação e método titulométrico
	Método SMWW 4500NH3 F - colorimétrico com fenato
	Métodos SMWW 4110 B
	ISO 14911 (E), ISO 14911 (D)
	Método SMWW, 24ª Edição, Método 4500 B NH3 e ISO 14911:1998 - Destilação e cromatografia iônica
Nitrogênio Nitrato	Método SMWW 4110 B - Cromatografia Iônica
	Método SMWW, 24ª Edição, 4110 B.
Nitrogênio Nitrito	Método SMWW 4110 B - Cromatografia Iônica
	Método SMWW, 24ª Edição, 4110 B.
Nitrogênio Kjeldahl Total	Método ISO 11732 (c) e Método 4500 Norg, item b (a) Digestão ácida e determinação colorimétrica automática com ácido dicloro isocianídrico
	Método SQ PR/LB-178 (Digestão ácida, destilação e determinação por cromatografia iônica)
	Métodos 4500 NH3 B e 4500 NH3 C - Destilação e método titulométrico
	Método 4500 Norg C - Digestão e destilação
	Método 4500 Norg C - Nitrogênio (ORGÂNICO) - Método Semi-Micro-Kjeldahl
pH	Peagâmetro
	Método US EPA 6010D (c)
	Método SMWW 4500 H+ B - Eletrométrico
	Método SMWW, 24ª Edição, Método 4500H+ A e B
Potássio Total	Método US EPA 6010D (c)
Sódio Total	Método US EPA 6010D (c)

Tabela 2 – Metodologias analíticas (conclusão)

Parâmetro	Metodologias analíticas
Sólidos Totais Dissolvidos	Método ABNT NBR (b) 10664 Gravimetria
Sólidos Totais Dissolvidos	Método 2540 C - gravimetria. Sólidos Dissolvidos a 180°C (realizado a 103-105°C com observação de desvio de procedimento conforme acordado)
	Método ABNT NBR 10664:1989
Sólidos Totais	Método 2540 B (a) gravimetria. Sólidos totais a 103-105°C
	Método ABNT NBR (b) 10664 Gravimetria
Sulfato Total	Método SMWW 4110 B - Cromatografia Iônica
	Método SMWW, 24ª Edição, 4110 B.
Titânio Total	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Temperatura	Seção 2550 B
	SMWW, 24ª Edição, Método 2550 A e B1
Vanádio	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Zinco	Método US EPA 6020B
	Método US EPA 6010D (c)
Substâncias Orgânicas	
Fenóis Clorados	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction, versão 3, 1996 (c).
	Método 8270 E – Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (CG/MS) versão 06, 2018 (c)
Herbicidas Triazinas	Método 8141 B - Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography - versão 02, 2007 e (c)
	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction, versão 3, 1996. (c)
Herbicidas Metolaclo; Molinato, Pendimetalina, Permetrina, Propanil	Método 8141 B - Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography - versão 02, 2007 e (c)
	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction, versão 3, 1996. (c)
Pesticidas Organoclorados	Método 8081 B - Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography -, versão 02, 2007 (c).
	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction versão 3, 1996 (c).
	POP MA-027 - Determinação de Pesticidas por HPLC-MS - Ver. 06 e POP MA-028 - Extração Líquido/Líquido em Funil de Separação - Ver. 06
Pesticidas Organofosforados	Método 8141 B - Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography - versão 02, 2007 e (c)
	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction, versão 3, 1996. (c)
	POP MA-027 - Determinação de Pesticidas por HPLC-MS - Ver. 06 e POP MA-028 - Extração Líquido/Líquido em Funil de Separação - Ver. 06
Outros Pesticidas (Carbamatos, Metilcarbamato, Fenoxiácidos Clorados, Benzotiadiazina, Triazol, Uréia, Pirazol, Neocotinóides, Ácido Fenoxipropiônico, Estrobirulina)	Método 800B - Determinative chromatographic separations - Hazardous Waste Test Methods/ SW-846 - 2018 (c);
	Método 8321B - Solvent-extractable nonvolatile compounds by high-performance liquid chromatography / thermospray / mass spectrometry (HPLC/TS/MS) or Ultraviolet (UV) detection - Hazardous waste test methods / SW-846 Revision 2 - 2007 (c)
Substâncias Orgânicas Voláteis	Método EPA 8260 C - Volatile Organics by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (CG/MS) Rev.3. - SW 846 - Test Methods for Evaluating Solid Waste, 1998 (c)
	Método 5021 A - Volatile Organic Compounds in Various Sample Matrices Using Equilibrium Headspace Analysis versão 2, 2014 (c)
	Método USEPA 8060 D
Substâncias Orgânicas Semi-Voláteis	Método 8270 E – Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (CG/MS) versão 06, 2018 (c)
	Método 3510 C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction versão 3, 1996 (c)

4. Tratamento dos resultados

Os resultados obtidos por meio das campanhas semestrais de amostragem constituem o banco de dados do monitoramento das águas subterrâneas da CETESB. Os dados são tratados anualmente e interpretados estatisticamente a cada 3 anos, o que corresponde a uma série de seis resultados analíticos por ponto monitorado. A partir desses dados é possível determinar as características geoquímicas basais das águas, bem como avaliar as variações de qualidade e tendências, comparando-se com os resultados de campanhas anteriores.

Desde 2001, o terceiro quartil (75%) tem sido adotado como representativo do conjunto de amostras, ou seja, da qualidade da água do período analisado, servindo como referência para comparação entre diferentes períodos e para a definição de valores de referência de qualidade.

Os resultados analíticos são agrupados em função dos sistemas aquíferos monitorados. É realizada a análise estatística descritiva de todos os parâmetros, com a determinação de mínimos, máximos, medianas, terceiro quartil e porcentagem de valores abaixo de Limite de Quantificação - LQ. As informações são tabuladas por aquífero para o estado e para as UGRHs nas quais os pontos de monitoramento se localizam.

Nos relatórios de qualidade dos triênios de 1998-2000, 2001-2003 e 2004-2006, os resultados considerados anômalos com relação à série histórica ou que ultrapassaram o padrão de potabilidade foram excluídos do conjunto de dados para elaboração da análise estatística básica. A decisão da retirada desses valores foi tomada em função da necessidade de se estabelecer valores de referência de qualidade e do pressuposto de que esses valores refletiam a alteração da qualidade da água em função de atividades antrópicas.

As análises estatísticas desses três períodos foram refeitas considerando-se todos os dados e publicadas no relatório de 2007-2009, com o objetivo de avaliar a tendência de qualidade com base nos parâmetros utilizados como indicadores. Desde o relatório trienal 2007-2009, a estatística tem sido realizada com base em todos os resultados, exceto aqueles retirados devidos a erros analíticos, avaliados pelo conjunto da série e em concordância com os laboratórios executores.

Os resultados analíticos podem possuir limites de quantificação (LQ) diferentes para uma mesma substância em função das análises terem sido realizadas pelos diferentes laboratórios da CETESB. Essas diferenças são decorrentes, principalmente, do processo de modernização dos equipamentos laboratoriais em constante renovação. Na análise estatística, todos os resultados abaixo do LQ são considerados iguais aos valores do LQ para compor a série de dados. Dessa forma, mínimos, máximos, medianas e terceiros quartis de substâncias com baixas concentrações na água, que não puderam ser quantificados, estão expressos por valores precedidos do símbolo "<" (menor que). Os LQs praticados em cada período são descritos nos relatórios trienais (<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>).

Os resultados também são analisados e comparados aos padrões de qualidade definidos na legislação para identificação de concentrações desconformes, que possam causar risco à saúde humana ou definir características desagradáveis ao consumo humano, quanto a odor, sabor, cor e brilho da água.

5. Padrões de Qualidade

Os instrumentos legais utilizados para avaliar a evolução da qualidade das águas subterrâneas são comentados a seguir.

A Portaria GM/MS nº 888, de 04/05/2021 (BRASIL, 2021), que alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28/09/2017, dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e define os padrões nacionais de substâncias presentes na água com base no risco à saúde humana e nas características organolépticas.

A Lista de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas (CETESB, 2021), estabelecida pela Decisão de Diretoria nº 125/2021/E, de 09 de dezembro de 2021, objetiva estabelecer critérios para proteção da qualidade dos solos e águas subterrâneas e gerenciamento de áreas contaminadas. Essa lista foi publicada pela primeira vez em 2001 e é constantemente revisada pela CETESB em função do aumento do conhecimento técnico e científico. A revisão publicada em 2021 é a quinta edição da série, atualizada em razão da alteração do padrão de potabilidade para algumas substâncias estabelecidas pela legislação sanitária (Portaria GM/MS nº 888/2021).

Os Valores de Referência de Qualidade para águas subterrâneas foram publicados pela primeira vez no Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas 2004–2006, para cada um dos Sistemas Aquíferos do Estado de São Paulo (Tabela 2). Definiu-se como valor de referência para as substâncias inorgânicas o terceiro quartil (75%) da série de dados obtidos pela Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas no período de 1994 a 2006, expurgados aqueles resultados com valores superiores à soma da mediana e três vezes o desvio padrão (CETESB, 2007). Esses valores devem ser considerados como valores-base (background) para o estado paulista, a fim de orientar a definição de ações de prevenção e controle de contaminação das águas subterrâneas.

A Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 definiu lista de valores orientadores para proteção da qualidade dos solos e águas subterrâneas visando o gerenciamento de áreas contaminadas em todo o Território Nacional, com base nos valores de intervenção do estado de São Paulo vigentes à época. Com algumas alterações, principalmente no que se refere à metodologia de obtenção dos valores de referência de qualidade-VRQ, a Resolução alterou a nomenclatura do Valor de Intervenção para Valor de Investigação.

A Resolução CONAMA nº 396 de 03/04/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes para enquadramento das águas subterrâneas, possui seis classes definidas para enquadramento das águas subterrâneas segundo os usos preponderantes: Classe Especial e Classe 1 até Classe 5. A Classe Especial é destinada à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e que contribuam para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial. A Classe 5 representa as águas de qualidade alterada por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não possuem requisitos de qualidade de uso. Para cada classe foram estabelecidos valores máximos permitidos para as substâncias de interesse de forma a garantir água com qualidade adequada a cada uso específico.

Ainda não existem valores legislados para a presença de atividade estrogênica em águas naturais, embora compostos como o bisfenol A tenham sofrido restrições de uso. No Brasil, por exemplo, foi proibida a comercialização de mamadeiras contendo este plastificante. Alguns trabalhos científicos sugerem valores de 3,8 e 7 ng/L equivalentes de estradiol como valores orientadores em água para abastecimento destinado ao consumo humano (Brand *et al.*, 2013; Mennes, 2004).

Tabela 3 – Valores de Referência de Qualidade - VRQ das águas subterrâneas no estado de São Paulo

Parâmetro	Unidade	Valor de Referência de Qualidade por Aquífero							VMP ^(a)
		Guarani	Bauru	Tubarão	Taubaté	São Paulo	Serra Geral	Pré-Cambriano	
pH	--	7,5	7,5	9,0	7,0	7,5	8,0	7,5	6,0-9,5 ^(b)
Temperatura	°C	28	26	26	26	26	26	24	--
Condutividade Elétrica	µS cm ⁻¹	160	240	410	145	160	170	240	--
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L ⁻¹	120	200	375	155	150	145	190	500
Dureza Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	60	100	60	40	30	55	90	300
Alcalinidade Bicarbonato	mg CaCO ₃ L ⁻¹	80	110	150	70	75	75	105	--
Alcalinidade Carbonato	mg CaCO ₃ L ⁻¹	0	0	<2	0	0	0	<2	--
Alcalinidade Hidróxido	mg CaCO ₃ L ⁻¹	0	0	<2	0	0	0	<2	--
Alumínio Total	mg Al L ⁻¹	0,03	0,05	0,04	<0,15	0,04	0,04	0,07	0,2
Antimônio Total	mg Sb L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,06
Arsênio Total	mg As L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Bário Total	mg Ba L ⁻¹	0,08	0,25	0,08	0,10	0,15	0,08	0,08	0,7
Boro Total	mg B L ⁻¹	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	--
Carbono Orgânico Dissolvido	mg C L ⁻¹	5,5	8,5	6,5	5,0	3,5	6,0	4,5	--
Cálcio Total	mg Ca L ⁻¹	18,5	25	18,5	8,0	10	15,5	28,5	--
Cádmio Total	mg Cd L ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	--	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003
Cianeto	mg CN L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	--	<0,01	<0,01	<0,01	
Cloreto Total	mg Cl L ⁻¹	1,5	5	10	1,5	1,5	1,5	5	250
Chumbo Total	mg Pb L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	--	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Cobre Total	mg Cu L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2
Cobalto Total	mg Co L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	--	<0,01	<0,01	<0,01	
Crômio Total	mg Cr L ⁻¹	0,003	0,04	<0,001	<0,005	0,002	0,002	0,002	0,05
Ferro Total	mg Fe L ⁻¹	0,09	0,04	0,12	0,12	0,20	0,04	0,12	0,3
Fluoreto Total	mg F L ⁻¹	0,2	0,3	0,6	0,3	0,5	0,2	0,6	1,5
Magnésio Total	mg Mg L ⁻¹	3,5	8,0	4,0	1,0	2,5	4,0	5,5	--
Manganês Total	mg Mn L ⁻¹	0,01	<0,005	0,02	0,03	0,10	<0,005	0,03	0,1
Mercurio Total	mg Hg L ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001
Nitrogênio Nitrato	mg N L ⁻¹	0,3	1,5	0,2	0,02	0,2	0,5	0,4	10
Nitrogênio Nitrito	mg N L ⁻¹	0,005	<0,002	0,005	<0,001	<0,004	<0,002	0,005	0,1
Nitrogênio amoniacal	mg N L ⁻¹	0,005	0,04	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	1,25 ^(c)
Nitrogênio Kjeldhal Total	mg N L ⁻¹	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,4	--
Níquel Total	mg Ni L ⁻¹	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07
Potássio Total	mg K L ⁻¹	4,0	4,5	2,0	5,0	4,5	2,0	2,5	--
Selênio Total	mg Se L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	--	<0,002	<0,002	<0,002	0,04
Sódio Total	mg Na L ⁻¹	7,0	15	25	20	20	14,5	14,5	200
Sulfato	mg SO ₄ L ⁻¹	<10	<10	20	<10	<10	<10	10	250
Vanádio Total	mg V L ⁻¹	<0,02	<0,02	<0,02	--	<0,02	<0,02	<0,02	0,05 ^(d)
Zinco Total	mg Zn L ⁻¹	<0,01	0,03	<0,01	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,5

(a) VMP – valor máximo permitido, maioria definida pelo Padrão de Potabilidade da Portaria GM/MS 888/2021; (b) quanto ao pH, não se trata de um padrão mas de recomendação de uma faixa de pH a ser mantida no sistema de distribuição de água para abastecimento; (c) Valor do Padrão Organoléptico de Potabilidade para Amônia (1,5 mg NH₃ L⁻¹) expresso em mg N L⁻¹; (d) VMP para consumo humano da Resolução CONAMA 396/08; (e) Valor de intervenção (CETESB, 2021).

Devido à baixa concentração de algumas substâncias na água subterrânea, foi possível propor um único VRQ para todos os aquíferos (Tabela 3). O detalhamento da metodologia encontra-se em Barbour *et al.* (2006).

Tabela 4 – Proposta de Valores de Referência de Qualidade das Águas Subterrâneas.

Substância	Valor de Referência de Qualidade para Água Subterrânea mg L ⁻¹
Antimônio	< 0,002
Arsênio	<0,002
Boro	<0,03
Cádmio	< 0,0001
Chumbo	< 0,002
Cobalto	<0,01
Cobre	<0,02
Mercúrio	<0,0001
Níquel	<0,02
Selênio	<0,002

6. Indicadores de Qualidade

A potabilidade das águas subterrâneas brutas é um dos indicadores de sua qualidade e qualquer desconformidade representa a necessidade de tratamentos adicionais da água, além da cloração, que as concessionárias ou departamentos municipais responsáveis pelo abastecimento público de águas devem garantir antes de sua distribuição para consumo humano.

Por tratar-se de uma rede constituída basicamente por poços utilizados para abastecimento público de água, a CETESB adotou a partir do triênio 2007-2009 um indicador de potabilidade para avaliar a qualidade das águas subterrâneas no âmbito da sua Rede de Monitoramento de Qualidade.

O Indicador de Potabilidade das Águas Subterrâneas – IPAS representa o percentual das amostras de águas subterrâneas em conformidade com o padrão de potabilidade para substâncias que representam risco à saúde e com o padrão organoléptico, estabelecidos pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria GM/MS nº 888/2021. Esse índice é calculado anualmente e considera os parâmetros determinados nas duas campanhas semestrais de amostragem dos pontos da Rede de Qualidade.

O Indicador de Potabilidade das Águas Subterrâneas é calculado para as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHs, para os Sistemas Aquíferos e para o estado de São Paulo.

O indicador possui três classes para classificação de qualidade das águas: ruim (0 – 33%), regular (33,1 – 67%) e boa (67,1 – 100%).

Qualidade	IPAS
Boa	67,1 - 100
Regular	33,1 - 67
Ruim	0 - 33

Referências

BRAND, W. et al. Trigger values for investigation of hormonal activity in drinking water and its sources using CALUX bioassays. **Environmental International: a journal of environmental**. USA, Rockville Pike, v. 55, p. 109118, May 2013.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 145, n. 66, 7 abr. 2008. Seção 1, p. 66-68. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=545. Acesso em: novembro 2025.

BRASIL.CONAMA. **Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 146, n. 249, 30 dez. 2009. Seção 1, p 81-84. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-ac.s.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Anexo XX. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n.190, 03.out.2017. Disponível em: https://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: novembro 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 de mai. 2021, Seção 1, p. 127. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: novembro 2025.

BARBOUR, E.D. A. *et al.* Metodologia para o estabelecimento de valores de referência de qualidade para águas subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 20, 2006. Suplemento: Livro de resumos. Trabalho apresentado ao 14º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23053>. Acesso em: novembro 2025.

CETESB. **Proposta para monitoramento da qualidade das águas subterrâneas: bacia sedimentar de Taubaté**. São Paulo, s.d. 30p.

CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo 2004-2006**. São Paulo, 2007. 197 p. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: novembro 2025.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 125-2021-E, de 09 de dezembro de 2021**. Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, Seção I, São Paulo, ed. 131 (240), 17 de dez. 2021, p. 60. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/12/DD-125-2021-E-Atualizacao-dos-Valores-Orientadores-paa-solo-e-aguas-subterraneas.pdf>. Acesso em: novembro 2025.

HIRATA, Ricardo *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [São Paulo]: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: novembro 2025.

MENNES, W. Assessment of human health risks for oestrogenic activity detected in water samples, using the ER-CALUX assay. Memo. **National Institute for Public Health and the Environment**, Bilthoven, The Netherlands, 2004.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 13.542, de 8 de maio de 2009**. Altera a denominação da CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e dá nova redação aos artigos 2º e 10 da Lei nº 118, de 29 de junho de 1973. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, Poder Executivo, v. 119, n. 85, 9 maio 2009. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20090509&Cade-rno=DOE-I&NumeroPagina=1>>. Acesso em: setembro 2022.



Secretaria de
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Acompanhe as redes sociais da CETESB:



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



[Facebook: facebook.com/cetesbsp](https://facebook.com/cetesbsp)



[Linkedin: linkedin.com/company/cetesb](https://linkedin.com/company/cetesb)



[Instagram: instagram.com/cetesbsp](https://instagram.com/cetesbsp)



[SoundCloud: soundcloud.com/cetesbsp](https://soundcloud.com/cetesbsp)

ISBN