

**OFICINA DO GT DE PROTEÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E
GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

**VALOR ORIENTADOR DE REFERÊNCIA
DE QUALIDADE PARA SOLO E ÁGUA
SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO
PAULO E SUA APLICAÇÃO**

MARA MAGALHÃES GAETA LEMOS

SETOR DE QUALIDADE DO SOLO E VEGETAÇÃO - CETESB

maral@cetesbnet.sp.gov.br

CETESB



**SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE**

**GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO**

SUMÁRIO

Apresentar a metodologia de estabelecimento de:

- **VRQs para solo, publicados em 2001**
- **Condição de Qualidade do Solo da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) - Bacia do Alto Tiête (UGRHI 6) - VCQ₆**
- **VRQs para água subterrânea.**

VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE

DEFINIÇÃO

O valor orientador de referência qualidade – VRQ é a concentração de determinada substância que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea.

VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE

Para a determinação dos VRQs, são considerados **dois grupos de substâncias**:

- **Inorgânicas** - cuja ocorrência é naturalmente detectada, em função dos processos geoquímicos, o que determina a sua composição química natural
- **Orgânicas** - definidas como aquelas cujas moléculas contém carbono, exceção feita ao carboneto, carbonatos e óxidos de carbono, geradas ou isoladas antropogenicamente, que, sendo naturalmente ausentes, **o valor de referência de qualidade não se aplica**

VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE

Forma de Utilização:

- **Instrumento de gerenciamento ambiental** nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.
- **Instrumento para a declaração da condição de qualidade da área** - não alterada
- **Subsidia** o estabelecimento de valores de prevenção e intervenção

Critério para estabelecimento de VRQ

Os VRQs são estabelecidos como o percentil 75%, obtidos a partir de descrição estatística de resultados de análises químicas das substâncias naturalmente presentes em amostras coletadas em locais com pouco impacto antropogênico.

ETAPAS PARA O ESTABELECIMENTO DO VRQ

Definição pontos de coleta

Profundidade de amostragem (SOLO)

Definição dos parâmetros de interesse

Metodologia analítica

Amostragem

Ensaio laboratorial

Interpretação estatística

Cálculo do VRQ

VRQ - SOLO

- **Estabelecido em 2001 para 15 substâncias**

Seleção dos pontos de coleta - critérios

- **Em áreas com pouca influência antropogênica**
- **Propriedades do solo diferenciadas**
- **Os principais tipos de solo**
 - **Foram selecionados 13 tipos de solo**

Para identificação e seleção das áreas de coleta, utilizou-se informações técnicas fornecidas pelo pedólogo do IAC Helio do Prado (PRADO, 1996), e das Cartas Pedológicas Semidetalhadas do Estado de São Paulo (IAC,1981a; IAC,1981b; IAC,1981c; IAC,1982a; IAC,1982b; IAC,1983a; IAC,1883b; IAC, 1989; IAC,1991; IAC, 1992 e IAC,1996).

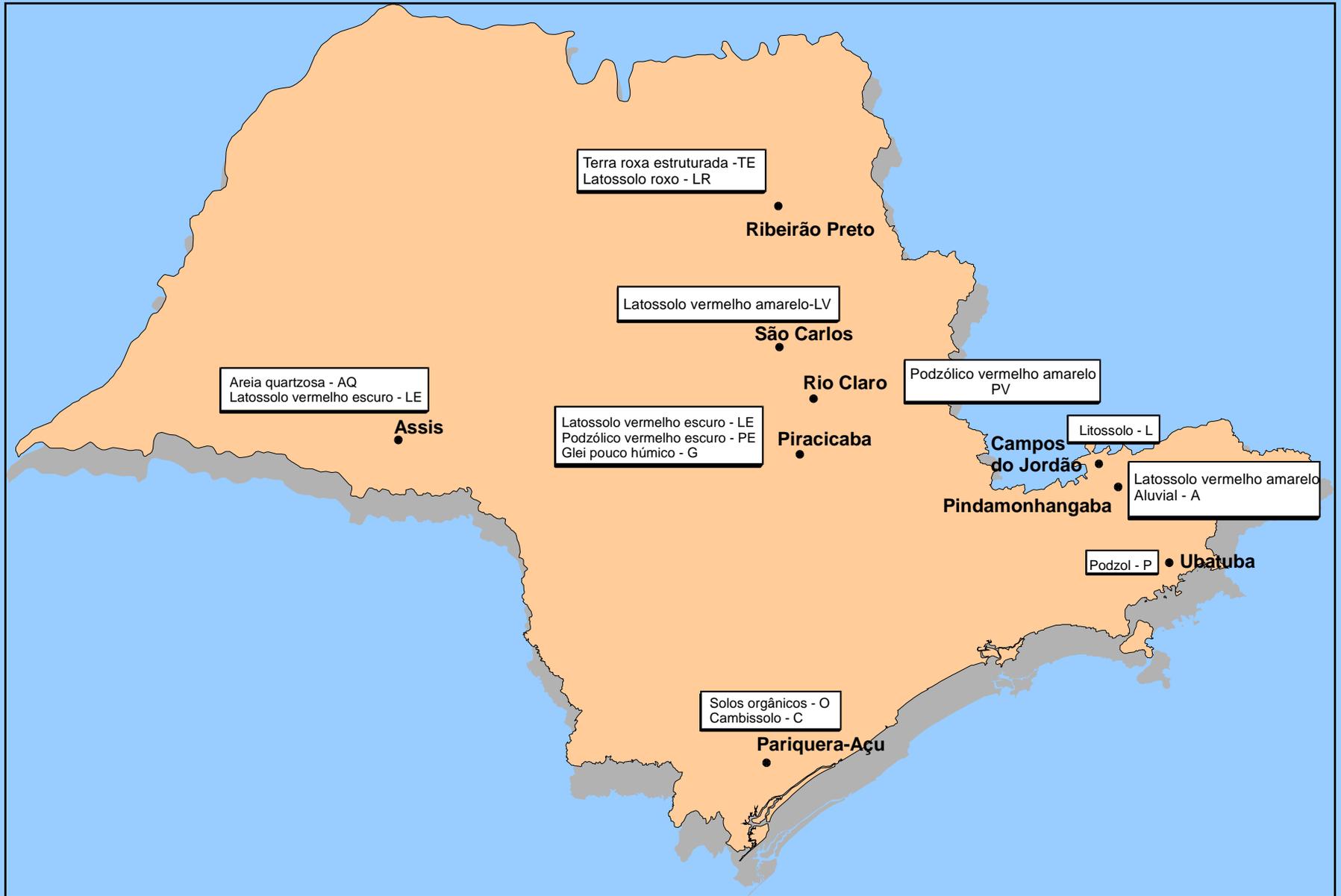
Os Tipos de solos amostrados e suas características básicas.

Classificação do Solo	Área de São Paulo (%)	Rocha ou Material de Origem	Descrição Carta Pedológica
Latossolo Vermelho (Roxo)	14,7	Efusivas básicas, metabasitos, tufitos	Distrófico a moderado ou proeminente. Textura argilosa ou muito argilosa.
Latossolo Vermelho (Escuro)	24,1	Sedimentos argilo arenosos	Álico. Assis – textura média a moderada. Piracicaba- textura muito argilosa a moderada.
Latossolo Vermelho Amarelo	13,6	Sedimentos argilo arenosos	São Carlos – Álico a proeminente. Textura muito argilosa a argilosa.
Nitossolo Vermelho (Terra Roxa Estruturada)	1,1	Derrames basálticos, rochas alcalinas, efusivas ou plutônicas	Eutrófico a moderado.
Argilossolo (Podzólico) Vermelho (Escuro)	19,7	Calcário, rocha ígnea ou metamórfica, rocha sedimentar pelítica, argilito, folheto	Textura argilosa ou muito argilosa, com ou sem cascalho.
Argilossolo Vermelho (Podzólico)	7,5	Rocha ígnea ou sedimentos	
Gleissolo (Glei Pouco Húmico)	1,1	Sedimentos	
Neossolo (Areia Quartzosa)	--	Sedimentos arenosos	Álico a moderado. Textura arenosa.
Organossolo (Orgânico)	1,1	Sedimentos orgânicos em excesso de água	Distrófico a moderado. Alta porcentagem de matéria orgânica.
Cambissolo	--	Muito variável, tanto rochas como sedimentos	Distrófico a moderado. Textura argilosa a média argilosa. Sedimentos aluviais com baixa CTC.
Espodossolo (Podzol)	--	Sedimentos arenosos	
Neossolo Flúvico (Aluvial)	0,3	Sedimentos	
Neossolo Rigolítico (Litossolo)	1,28	Diversos	

n = critério não aplicável. -- = informação não disponível

Fonte: PRADO(1996) ; Paiva Neto (1995)

Localização dos pontos de coleta



SELEÇÃO DOS PARÂMETROS

METAIS E SEMI METAIS

- alumínio, antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio e zinco.

PROPRIEDADES DO SOLO

- matéria orgânica, granulometria (frações areia, silte e argila); pH e resíduo volátil.

PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

- As amostras foram do tipo composta por 10 sub-amostras para duas profundidades (0-20cm e 80-100cm) coletadas em glebas não superiores a 20ha.

Utilizou-se os procedimentos por Dematê (1996), Lemos e Santos (1984), Brasil Sobrinho (1995) e Alloway (1990), em conformidade com o estabelecido por Kempthorne e Almaras, apud Silva (1999) para a obtenção de amostras composta.

ENSAIO LABORATORIAL

- As análises de metais, semi metais, pH e resíduo volátil foram executadas nos laboratórios da CETESB.

Os procedimentos analíticos executados para metais e semi metais foi o método EPA 3050 do SW 8462 descrito em EPA (1986), água régia e Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 1994) para absorção atômica.

- A análise das frações granulométricas foi executada pela ESALQ (IAC, 1986).

INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA

- Identificação de valores discrepantes, a partir de gráficos tipo “box-plot” e retirada de dados anômalos;
- Utilização do teste não paramétrico Kruskal-Wallis, para verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores, obtidos nas profundidades amostradas, avaliando-se a possibilidade de utilização destes dados em conjunto;
- Análise descritiva dos dados.
- Regressão múltipla entre as propriedades do solo e as substâncias alumínio, arsênio, bário, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco, mas os resultados não foram satisfatórios (CETESB, 2001).

Resultados do teste Kruskal-Wallis identificando as variáveis que apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$), entre as profundidades amostradas.

METAIS e SEMI METAIS								
	Al	As	Ba	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Valor p	0,25	0,49	0,61	0,37	0,73	0,42	0,16	0,53
n	84	84	84	84	81	84	84	84

n = número de amostras

	Resíduo Volátil	pH	Granulometria		
			Areia	Silte	Argila
Valor p	0,28	0,41	0,54	0,38	0,39
n	84	84	84	84	84

Resultados da análise descritiva da amostragem realizada para estabelecimento dos VRQ para solo (18 substâncias).

Substância	Concentração (mg.kg ⁻¹)				Resultados Abaixo do LQ (%)
	Mínimo	Máximo	Mediana	Quartil 75%	
Alumínio	1.700	117.100	34.025	71.500	0
Antimônio	<25	<25	<25	<25	100
Arsênio	<0,20	17,60	1,89	3,24	7
Bário	< 5	223	39	75	14
Cádmio	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	100
Chumbo	<5,0	23,5	9,8	17	36
Cobre	3,0	393,0	20,3	35,1	0
Cobalto	<7,5	65,0	7,5	12,5	65
Cromo	2,2	172,5	26,3	40,2	0
Ferro	500	198.500	27.075	77.825	0
Manganês	5	2.330	235	461	0
Mercurio	<0,02	0,08	0,02	0,05	54
Molibdênio	<25	<25	<0,25	<25	100
Níquel	1,55	73,5	8,0	13,2	0
Prata	<0,5	15,4	<0,5	<0,5	98
Selênio	<0,20	0,56	0,2	0,25	71
Vanádio	<85	818	85	274	56
Zinco	1,5	200,0	30,6	59,9	0

Valores de Referência de Qualidade para solo (VRQ solo) do Estado de São Paulo, publicados em 2005.

Substância (mg/Kg de peso seco)	CAS N°	VRQ solo
Antimônio	7440-36-0	< 0,5
Arsênio	7440-38-2	3,5
Bário	7440-39-3	75
Cádmio	7440-43-9	< 0,5
Chumbo	7440-92-1	17
Cobalto	7439-48-4	13
Cobre	7440-50-8	35
Cromo	7440-47-3	40
Mercúrio	7439-97-6	0,05
Molibdênio	7439-98-7	< 4,0
Níquel	7440-02-0	13
Prata	7440-22-4	0,25
Selênio	7782-49-2	0,25
Vanádio	7440-62-2	275
Zinco	7440-66-6	60

OFICINA DE TRABALHO DO II SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (CETESB, 2001)

- Elaborar um banco de dados de qualidade de solos, coletando-se amostras somente da profundidade de 0 a 20cm, para todos os tipos de solos e focando-se principalmente na região central do Estado.
- Analisar solos também de uso agrícola e urbano.
- Acrescentar os parâmetros boro e dioxina nas próximas análises de solos.
- Estabelecer um protocolo para extração e análise de amostras de solos, padronizando as análises químicas para fins ambientais a fim de comparar resultados obtidos por diversos autores.
- Melhorar os atuais limites de detecção, analisando-se os metais, de acordo com a metodologia padronizada pela EPA, SW846 - 3050 e 3051, utilizando determinação por ICP;
- Determinar pH em solo utilizando-se CaCl_2 na razão 1:2,5.
- Analisar matéria orgânica em solos, utilizando-se extração por $\text{K}_2\text{H}_2\text{O}_7$ + H_2SO_4 , sem fator de transferência.

CONDIÇÃO DE QUALIDADE DO SOLO DA RMSP - UGRHI 6 - VCQ₆

Em continuidade à definição de valores orientadores para solos, iniciou-se a execução de estudos mais detalhados das condições de qualidade dos solos paulistas, incluindo as áreas agrícolas, que somam 76,2% do território do Estado (IEA,2006).

Foi selecionada a Região Metropolitana de São Paulo – UGRHI 6, como prioritária para essa investigação, pois além da complexa e diversificada estrutura industrial e de prestação de serviços, mantém áreas agrícolas e fragmentos de matas, além de em 2005 ser contabilizado 831 áreas contaminadas (50% do total).

METODOLOGIA

- **Profundidade amostragem do solo** - superficial de 0 a 20cm
- **Distribuição dos pontos de coleta** - em quadrículas de 15 x 15 km
- **Tipos de solo** - para as sub-ordens
- **Uso do solo** - agrícola e fragmento de mata.
- **Tipo de amostra** - composta
- **Extração de metais e semi metais** - EPA3051
- **Estabelecimento dos valores da condição de qualidade do solo** - mesmo procedimento para estabelecer os VRQs

Seleção dos pontos de coleta

Divisão da área de estudo em 39 quadrículas de 15 x 15 km, gerada a partir da Carta da Região Metropolitana da Grande São Paulo, na escala 1:100.000 (EMPLASA, 1982).

Com base nessa matriz foram realizados cruzamentos das informações pedológicas (OLIVEIRA *et al.*, 1999) e de uso do solo (mata e área agrícola - imagens de satélite Ikonos, composição RGB)

Considerou-se no mínimo duas amostras para cada tipo de solo predominante em cada quadrícula, distribuídas para o uso agrícola e fragmentos de mata.

TIPOS DE SOLOS AMOSTRADOS POR USO DO SOLO

TIPOS DE SOLOS	CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO					
	AGRÍCOLA		FRAGMENTOS DE MATA		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA)	18	37,5	20	33,3	38	35,2
Cambissolos Háplicos (CX)	13	27,0	17	28,3	30	27,8
Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA)	12	25,0	17	28,3	29	26,8
Organossolos Háplicos (OY)	5	10,5	1	1,7	6	5,6
Área Urbanizada	-	-	5	-	5	4,6
TOTAL	48	44,4	60	55,6	108	100

CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS AGRÍCOLAS AMOSTRADAS

CULTURA	TIPOS DE SOLOS				TOTAL
	CX	PV	LV	OY	
	NÚMERO DE AMOSTRAS				
Olericultura	7	11	10	5	33
Floresta Comercial Eucaliptos –	4	1	0	0	5
Fruticultura	0	5	1	0	6
Plantas Ornamentais	1	2	1	0	4
TOTAL	12	19	12	5	48

LV – latossolos vermelho-amarelos; PV – argissolos vermelho-amarelos; CX – cambissolos háplicos; OY – organossolos méxicos ou háplicos

Seleção dos parâmetros

Propriedades - pH, resíduo volátil

Substâncias Inorgânicas - alumínio, antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio e zinco, constantes na listagem anterior, sendo incluídos as substâncias berílio, boro, cálcio, magnésio, potássio, sódio, titânio e cianetos.

Substâncias orgânicas - Hidrocarbonetos Poliaromáticos Cíclicos – PAH's e dos pesticidas organoclorados (POPs).

Avaliação da toxicidade dos solos - ensaio Microtox (CE20).

Procedimentos de amostragem e ensaios laboratoriais

- Amostras compostas de 10 sub amostras em glebas (pontos de coleta) não superiores a 20ha, identificadas com GPS.
- Os procedimentos de amostragem foram os mesmos que os utilizados para o estabelecimento dos VRQs e em conformidade com o descrito na ISO 10381-2 (2002) para a obtenção de amostras compostas.
- As determinações analíticas foram realizadas nos laboratórios da CETESB – sede, seguindo SW846.

INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA

Matriz foi constituída pelo conjunto dos resultados obtidos, excetuando-se os dados:

- que excederam os valores de intervenção (VI) ;
- que apresentaram valores anômalos ou discrepantes para o conjunto de dados de uma mesma substância, e ultrapassaram duas vezes a concentração calculada para 95% dos dados.

Esses valores representaram menos de 5% da população amostral, à exceção de manganês que alcançou 10%.

INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA

- Verificação da existência de diferenças estatisticamente significativas entre os usos do solo - teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*.

Não foi realizada para as substâncias que apresentaram concentrações inferiores ao limite de quantificação laboratorial em 40% ou mais do total de amostras.

Resultados da análise descritiva da amostragem realizada para estabelecimento dos VCQ₆ para solo

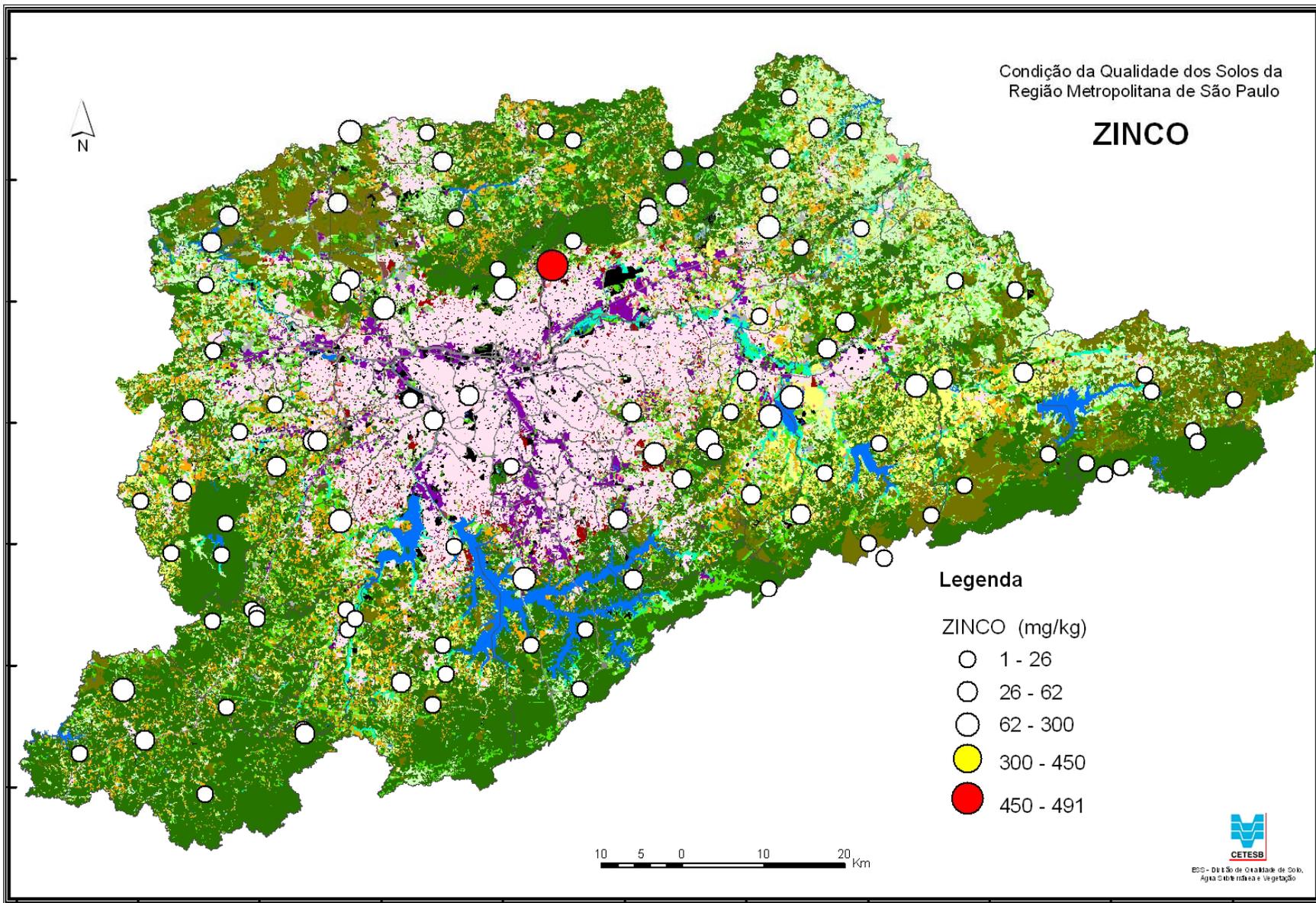
Substância	Uso do Solo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Mediana	Percentil 75%	Amostras	Resultados < LQ	P
		mg.Kg ⁻¹ de peso seco						(N°)	%	
Al	AG	11.500	97.600	35131,91	19555,25	29500	43350	47	0	0,0079
	MA	3.030	98.400	26765,26	17536,38	21700	32900	57	0	
Sb	AG	< 0,20	2,00	0,48	0,58	< 0,20	0,82	47	55	-
	MA	< 0,20	3,09	0,45	0,63	< 0,20	0,61	57	61	
As	AG	< 0,20	18,80	3,13	3,58	1,94	4,20	46	11	0,6
	MA	< 0,20	16,70	3,27	4,06	1,50	4,16	55	16	
Ba	AG	2,53	286,00	62,36	58,44	47,55	78,23	46	0	0,00007
	MA	7,65	236,00	33,45	38,23	22,00	31,10	57	0	
Be	AG	< 0,10	1,12	0,36	0,26	0,31	0,49	47	6	0,24
	MA	< 0,10	1,41	0,32	0,24	0,26	0,41	57	9	
B	AG	< 3,00	115,00	30,07	22,65	28,10	39,75	47	6	0,14
	MA	< 3,00	104,00	25,88	22,07	19,80	30,10	57	11	
Cd	AG	< 0,10	1,40	0,14	0,23	0,05	0,08	47	74	-
	MA	< 0,10	0,11	0,05	0,01	0,05	0,05	57	95	
Ca	AG	49,20	12600	2476,66	2514,08	1525,00	4675,00	44	0	2,64.E-10
	MA	49,10	1120,00	252,99	229,27	187,00	247,00	57	0	
Pb	AG	1,09	172,00	25,07	32,92	14,25	24,78	46	0	0,12
	MA	5,01	94,70	22,67	15,53	19,20	29,10	57	0	

Resultados da análise descritiva da amostragem realizada para estabelecimento dos VCQ₆ para solo

Substância	Uso do Solo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio	Mediana	Percentil 75%	Amostras (N°)	Resultados < LQ	P
		mg.Kg ⁻¹ de peso seco							%	
Cu	AG	1,77	113,00	26,83	28,73	15,00	39,95	47	0	0,022
	MA	1,95	84,20	11,27	12,87	8,07	13,00	57	0	
Cr	AG	2,47	66,10	28,45	15,87	28,45	41,28	46	0	0,0044
	MA	2,09	130,00	22,52	21,88	18,10	27,20	57	0	
Fe	AG	2010,00	92900	28022,77	17809,69	27300	34750	47	0	0,23
	MA	348,00	73900	24483,12	14273,43	2120000	30300	57	0	
Mg	AG	2,22	2420,00	661,12	616,86	466,00	697,00	47	0	0,0065
	MA	1,39	3000,00	441,43	508,74	242,00	608,00	57	0	
Mn	AG	7,47	1540,00	158,90	297,82	79,00	123,50	47	0	0,55
	MA	4,61	1720,00	187,11	324,09	62,50	170,00	57	0	
Hg	AG	< 0,01	0,22	0,05	0,05	0,03	0,06	47	2	0,94
	MA	< 0,01	0,28	0,05	0,04	0,04	0,06	57	2	
Mo	AG	< 4,00	5,23	< 4,00	0,47	< 4,00	< 4,00	47	98	-
	MA	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	57	100	
Ni	AG	< 2,00	25,50	4,90	4,63	3,13	7,01	47	28	0,44
	MA	< 2,00	25,50	4,59	5,06	2,97	4,79	57	29	
K	AG	34,10	2340,00	659,19	522,38	557,00	828,00	47	0	0,97
	MA	67,10	2350,00	637,16	436,75	505,00	796,00	57	0	
Na	AG	< 10,00	137,00	47,31	32,53	38,20	66,60	47	9	0,0033
	MA	< 10,00	99,90	30,63	18,86	26,80	36,30	57	7	
Ti	AG	37,10	726,00	220,00	136,12	210,00	293,50	47	0	0,22
	MA	63,10	905,00	283,15	203,59	213,00	354,00	57	0	
V	AG	6,71	145,00	50,42	33,05	41,00	64,60	47	0	0,27
	MA	8,33	167,00	43,27	28,92	38,10	54,13	56	0	
Zn	AG	< 2,00	209,00	50,68	51,63	31,20	61,80	47	2	0,00037
	MA	< 2,00	75,80	20,34	13,88	18,60	25,90	57	11	

Condição da Qualidade dos Solos da
Região Metropolitana de São Paulo

ZINCO



Legenda

ZINCO (mg/kg)

- 1 - 26
- 26 - 62
- 62 - 300
- 300 - 450
- 450 - 491



ESB - Divisão de Qualidade de Solo,
Água, Sólidos e Vegetação

VCQ₆ em comparação com VRQ

SUBSTÂNCIA (mg.Kg ⁻¹ peso seco)	VALOR DE CONDIÇÃO DE QUALIDADE - VCQ ₆	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE – VRQ*
Alumínio	43.350 ¹ 32.900 ²	-
Antimônio	0,65	<0,5
Arsênio	4,35	3,5
Bário	78 ¹ 31 ²	75
Berílio	0,45	-
Boro	35	-
Cádmio	<0,1	<0,5
Cálcio	4675 ¹ 247 ²	-
Chumbo	28	17
Cianetos	<3,0	-
Cobalto	<5,0	13
Cobre	40 ¹ 13 ²	35
Cromo	41 ¹ 27 ²	40
Ferro	31.900	-

1- uso do solo agrícola

2- uso do solo mata

* Publicado no DOE em 3.12.2005

continua

VCQ₆ em comparação com VRQ

SUBSTÂNCIA (mg.Kg ⁻¹ peso seco)	VALOR DE CONDIÇÃO DE QUALIDADE - VCQ ₆	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE – VRQ*
Magnésio	684	-
Mercúrio	0,06	0,05
Molibdênio	<4,0	<4
Níquel	5,7	13
Potássio	815	-
Prata	<2,0	0,25
Selênio	<2,0	0,25
Sódio	67 ¹ 36 ²	-
Titânio	306	-
Vanádio	57	275
Zinco	62 ¹ 26 ²	60

VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO TEM IMPORTANTE PAPEL NO ABASTECIMENTO PÚBLICO E CADA VEZ MAIS TEM SIDO UTILIZADA PARA OS USOS PREPONDERANTES QUE INCLUEM O USO AGRÍCOLA, INDUSTRIAL, COMERCIAL E RESIDENCIAL, POR MEIO DE CAPTAÇÕES EM DIFERENTES AqüÍFEROS.

USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

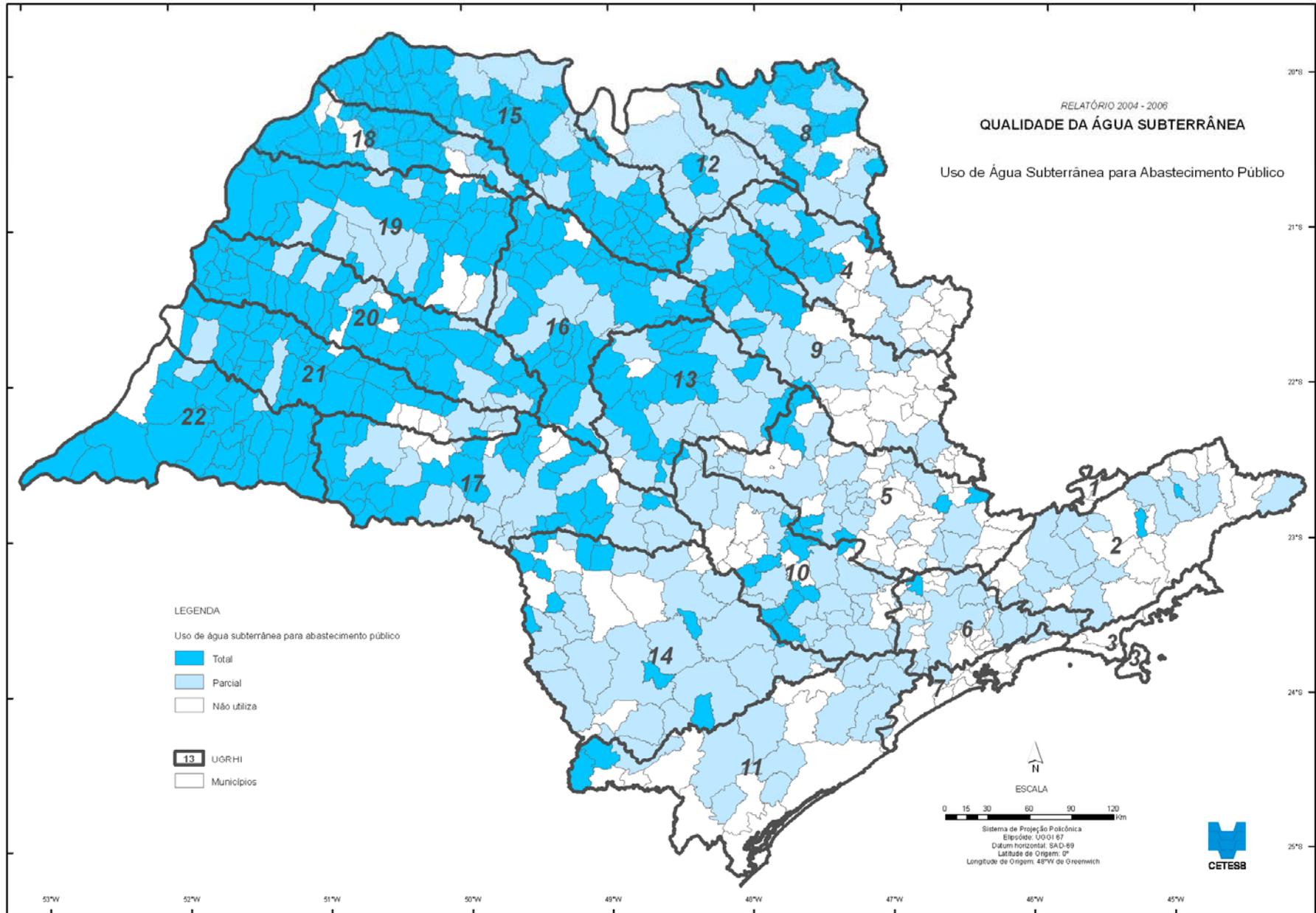
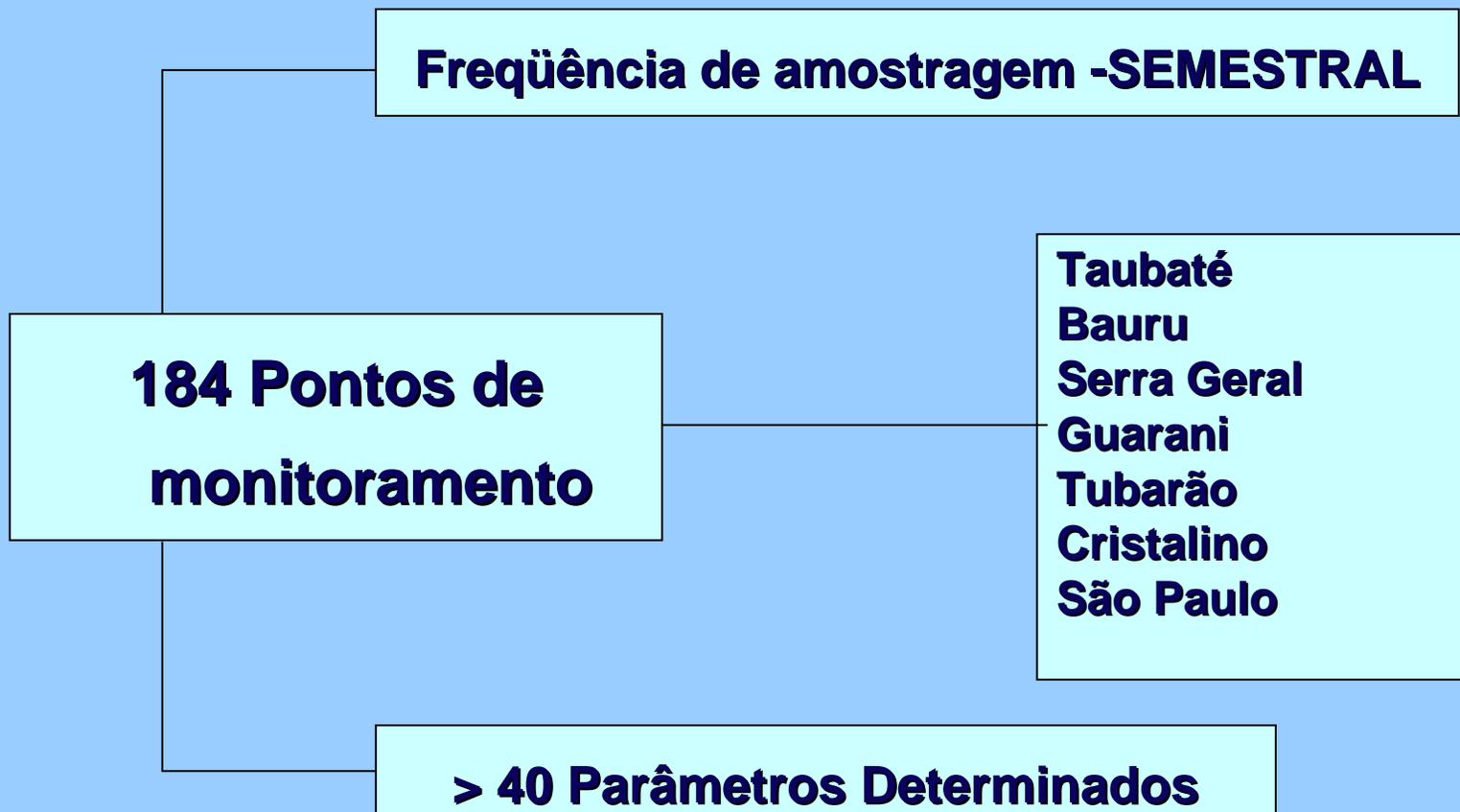


Figura 2 - Uso da água subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo

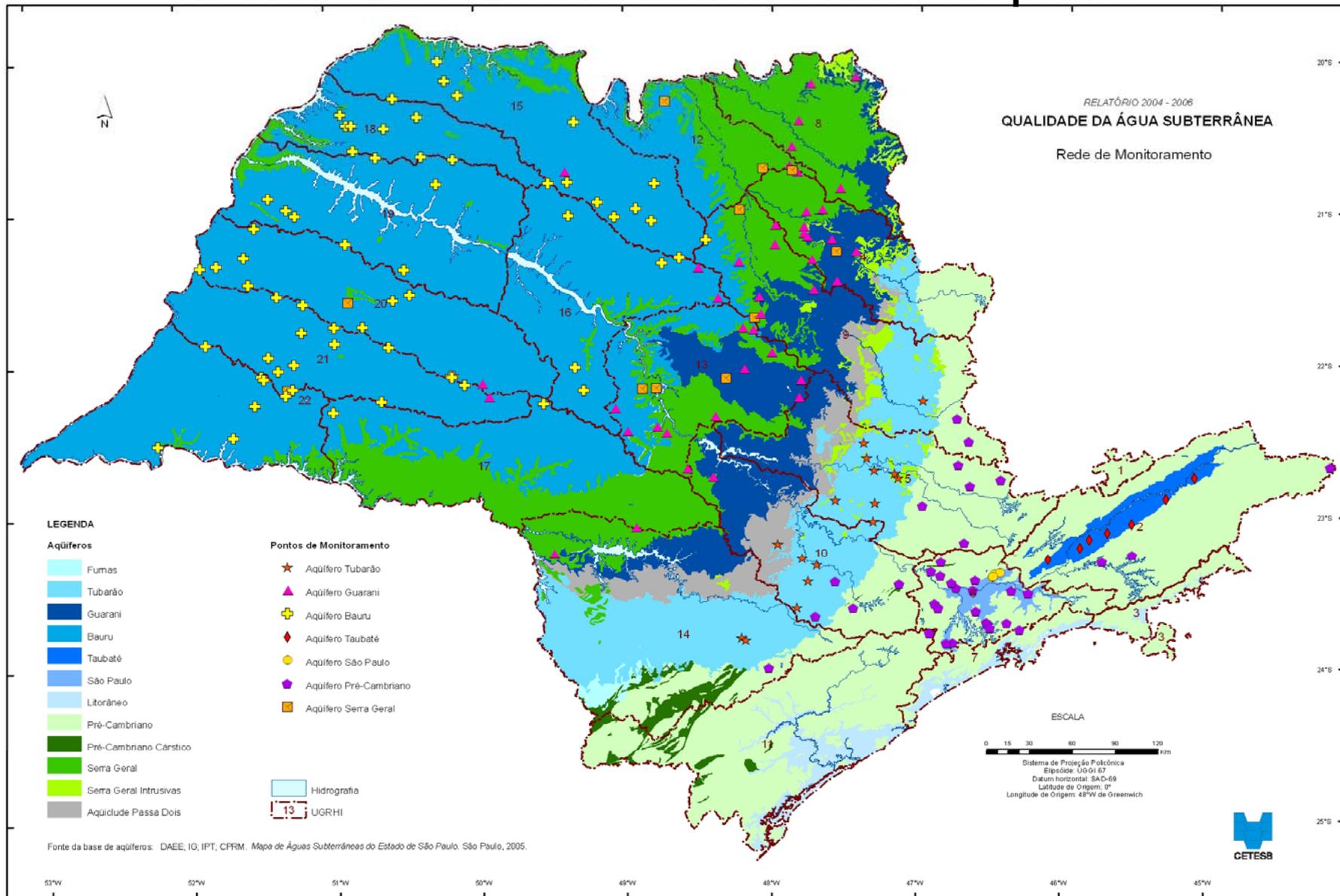
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS CETESB início em 1990

OBJETIVO: Caracterização da qualidade da água subterrânea bruta dos diversos aquíferos do Estado de São Paulo, estabelecimento de VRQ, detectar ocorrências de não conformidade e identificar tendências



REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

No triênio 2004 - 2006 foram monitorados 184 pontos



3º QUARTIL DOS RESULTADOS OBTIDOS POR PERÍODO E POR AQUIFERO

Parâmetro	Unidade	Aqüífero					
		Guarani			Bauru		
		98-00	01-03	04-06	98-00	01-03	04-06
Condutividade Elétrica	µS/cm	153	160	164	238	247	253
Sólidos Diss. Totais	mg/L	115	118	125	201	197	203
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	62	56	63	112	101	101,5
Alcalinidade Bicarb.	mg/L CaCO ₃	87	78	79	117	108	112
Alumínio Total	mg/L Al	0,03	0,02	0,05	0,05	0,04	0,06
Antimônio Total	mg/L Sb			<0,002			<0,002
Arsênio Total	mg/L As	<0,002	<0,002	--	<0,002	0,002	--
Bário Total	mg/L Ba	<0,4	<0,08	0,05	<0,4	0,25	0,25
Cálcio Total	mg/l Ca	18,8	17,2	18,3	29,3	27,0	24,5
Cromo Total	mg/L Cr	0,0028	0,004	0,003	0,04	0,04	0,03
Fluoreto Total	mg/L F	0,20	0,24	0,16	0,30	0,27	0,28
N. Nitrato ⁽¹⁾	mg/L N	0,23	0,3	0,3	1,14	1,87	2,21

(1) para o cálculo do 3º quartil, no caso do nitrato, foram retirados do conjunto de dados aqueles com valores acima de 5,0 mg/L

VALORES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE- VRQ POR AQUÍFERO

Parâmetro	Unidade	Valor de Referência de Qualidade por Aquífero						
		Guarani	Bauru	Tubarão	Taubaté	São Paulo	Serra Geral	Pré-Cambriano
Condutividade Elétrica	μS/cm	160	240	410	145	160	170	240
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	120	200	375	155	150	145	190
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	60	100	60	40	30	55	90
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L CaCO ₃	80	110	150	70	75	75	105
Alumínio Total	mg/L Al	0,03	0,05	0,04	<0,15	0,04	0,04	0,07
Antimônio Total	mg/L Sbl	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsênio Total	mg/L As	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Bário Total	mg/L Ba	0,08	0,25	0,08	0,10	0,15	0,08	0,08
Boro Total	mg/L B	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Cálcio Total	mg/l Ca	18,5	25	18,5	8,0	10	15,5	28,5
Cádmio Total	mg/L Cd	<0,0001	<0,0001	<0,0001	--	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Chumbo Total	mg/L Pb	<0,002	<0,002	<0,002	--	<0,002	<0,002	<0,002
Cobre Total	mg/L Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobalto Total	mg/L Co	<0,01	<0,01	<0,01	--	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo Total	mg/L Cr	0,003	0,04	<0,001	<0,005	0,002	0,002	0,002

VRQ – ÁGUA SUBTERRÂNEA EM COMPARAÇÃO COM O VI

Parâmetro	Unidade	Valor de Referência de Qualidade	Valor de intervenção
Antimônio Total	mg/L Sb	<0,002	--
Arsênio Total	mg/L As	<0,002	0,01
Cádmio Total	mg/L Cd	<0,0001	0,005
Cianeto	mg/L CN	<0,01	--
Chumbo Total	mg/L Pb	<0,002	0,01
Cobre Total	mg/L Cu	<0,01	2
Cobalto Total	mg/L Co	<0,01	0,005
Mercúrio Total	mg/L Hg	<0,0001	0,001
Níquel Total	mg/L Ni	<0,02	--
Selênio Total	mg/L Se	<0,002	0,01

CONCLUSÃO

O Valor de Referência de Qualidade - VRQ, constitui-se em um importante instrumento para **declarar uma área quanto à condição de qualidade de solo e de água subterrânea**, a fim de subsidiar as ações de prevenção e controle da poluição, identificando-se eventuais alterações de qualidade.

Além disso, são utilizados também para **subsidiar a decisão da concentração a ser adotada como os valores de intervenção** que são derivados com base em avaliação de risco à saúde humana.

Estas palestras apresentaram, em detalhe, as metodologias atualmente utilizadas pela CETESB, para estabelecer os valores orientadores de referência de qualidade para solo e água subterrânea e da condição de qualidade para solo, no sentido de **contribuir com o CONAMA** em sua atribuição de definir diretrizes nacionais sobre valores orientadores e sua aplicação para a prevenção e controle da poluição do solo e da água subterrânea no Brasil.



Muito obrigada

Ensaio laboratoriais

As determinações analíticas foram realizadas nos laboratórios da CETESB – sede, seguindo SW846.

Substâncias inorgânicas - método EPA 3051 do SW 846 (EPA,1994).

- Alumínio, bário, berílio, boro, cálcio, cobalto, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, molibdênio, níquel, prata, potássio, sódio, titânio, vanádio e zinco - método 3120-B, de espectrometria ótica de emissão com plasma de argônio ICP/OES.
- Antimônio, arsênio, cádmio, chumbo e selênio - método 3113, de espectrometria de absorção atômica e forno de grafite.
- Mercúrio - método 3112, de espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio.

Ensaio laboratoriais

- **Cianetos** - colorimetria com piridina/ácido barbitúrico (método 4500 – CN, itens B, C, E).
- **Resíduo volátil** a partir de gravimetria (método 2540).
- **pH** - adaptação do método 9045C para pH do sólido em água (EPA-SW846, 1995).

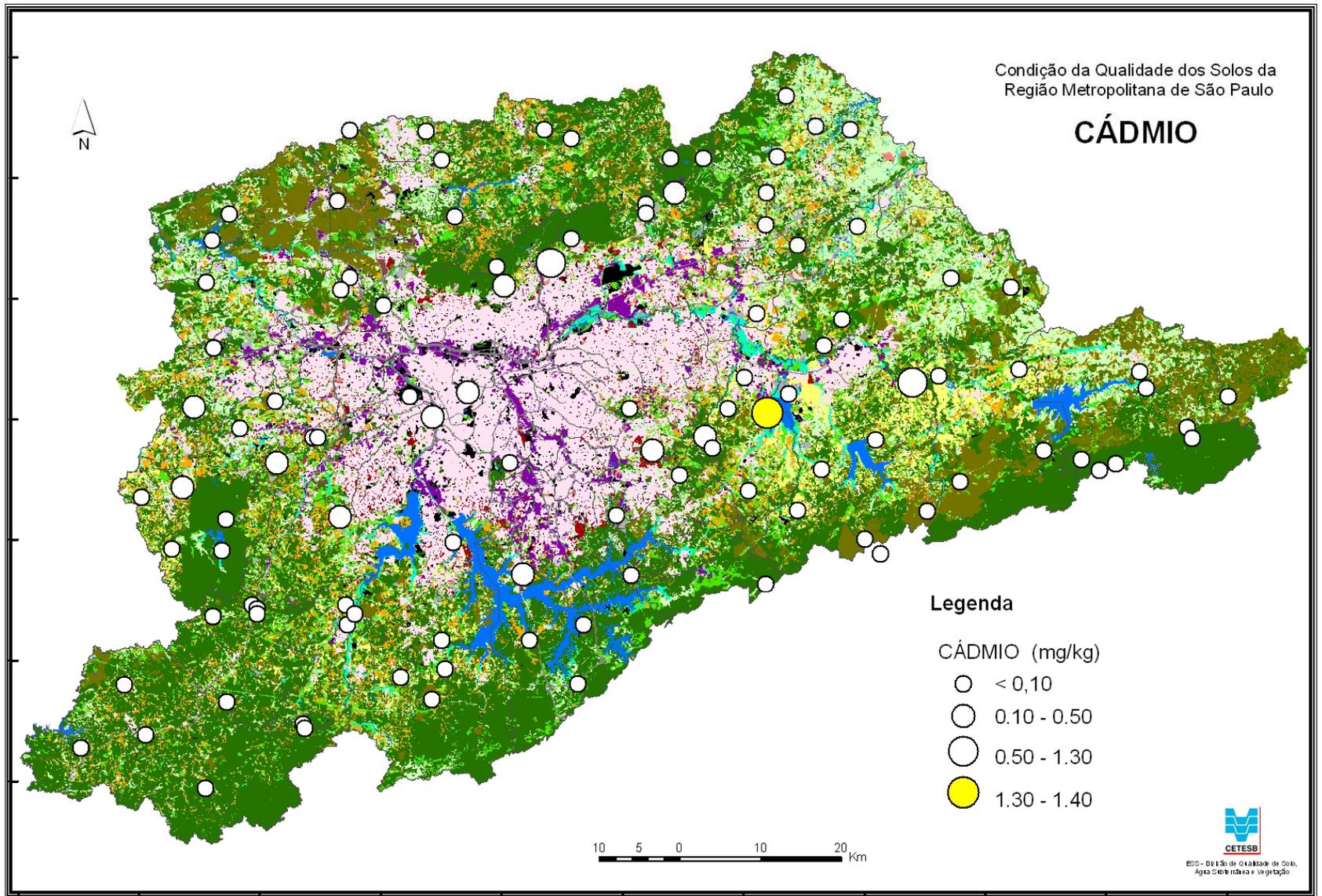
Substâncias orgânicas:

- **Hidrocarbonetos poliaromáticos cíclicos** – PAH's utilizou-se o método de análise segundo EPA – 8310.
- **Pesticidas organoclorados** - o método EPA – 8081B.

Microtox (CE20) - 15min, para cultura de *Vibrio fischeri*, está descrito no POP CETESB SQ-PR/LB-018.

Condição da Qualidade dos Solos da
Região Metropolitana de São Paulo

CÁDMIO



Condição da Qualidade dos Solos da
Região Metropolitana de São Paulo

COBRE

Legenda

COBRE (mg/kg)

○ 0 - 13

○ 13 - 40

○ 40 - 60

● 60 - 200

● 200 - 294

10 5 0 10 20 Km



ESB - Divisão de Qualidade de Solo,
Ajuda Cidadã e Vegetação



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO