

CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO - VALORES ORIENTADORES

Dorothy C. Pinati Casarini¹; Claudio L. Dias² & Mara Magalhães G. Lemos³

Resumo - A demanda por água subterrânea vem crescendo substancialmente em função da qualidade e disponibilidade atuais das águas superficiais, tornando o recurso hídrico subterrâneo uma reserva estratégica para o desenvolvimento do Estado. A proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas é uma atribuição legal da CETESB, no âmbito do Estado de São Paulo, que estabeleceu os seguintes valores orientadores, para solos e águas subterrâneas:

- valor de referência de qualidade - **R**, indica o nível de qualidade para um solo considerado limpo ou a qualidade natural das águas subterrâneas. Foi estabelecido com base em análises químicas;
- valor de alerta - **A**, indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos. Foi estabelecido, para metais, com base em fitotoxicidade.
- valor de intervenção - **I**, indica o limite de contaminação acima do qual existe risco de efeito deletério sobre a saúde humana. Foi derivado com base em modelagem matemática de avaliação de risco. Para as águas subterrâneas foi adotado o padrão de potabilidade da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde.

Este documento apresenta os valores orientadores para proteção da qualidade dos solos e águas subterrâneas, normatizados pela publicação no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 26.10.2001.

Abstract - The soil and the groundwater quality protection is a legal attribution of CETESB, in the São Paulo State territory. The demand for groundwater is growing substantially in function of the quality and disponibility of the superficial waters, turning the underground hydric resource strategic for the State development.

¹ Gerente da Divisão de Qualidade de Solos, Águas Subterrâneas e Vegetação EQS – CETESB dorothy@cetesb.sp.gov.br Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345 Pinheiros São Paulo CEP 05489-900

² Gerente do Setor de Qualidade de Solos e Águas Subterrâneas EQSS – CETESB claudi@d@cetesb.sp.gov.br

³ Setor de Qualidade de Solos e Águas Subterrâneas EQSS maral@cetesb.sp.gov.br

Considering the need for soil quality protection to prevent the aquifer's pollution, CETESB established the guiding values, for soils and groundwater:

- quality reference value - R, indicates the quality level for a clean soil or the groundwater natural quality. It was established based on chemical analyses;

- alert value - A, indicates a possible alteration of the natural quality of the soils. It was established, for metals, based on fitotoxicity.

- intervention value - I, indicates the contamination limit above which exists the human health risk. It was derived based on risk assessment mathematical modelling. For the groundwater the drinking water standard, "Portaria" 1469/2000 of Health Ministry, was adopted.

This document presents the guiding values standardized by the publication in the Sao Paulo State Official Daily of 26.10.2001.

Palavras-chave - Valores orientadores, solo, água subterrânea

INTRODUÇÃO

Considerando a questão da proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas como atribuição legal da prevenção e controle da poluição, faz-se necessária a adoção, pelas Agências Ambientais, de valores orientadores, com o objetivo de fornecer diretrizes e subsidiar decisões, não só visando as áreas a proteger, mas também o gerenciamento de áreas contaminadas.

O uso das águas superficiais torna-se cada vez mais problemático, em virtude da precariedade dos sistemas de saneamento básico, da quantidade insuficiente e dos elevados custos dos sistemas de tratamento necessários para o atendimento aos padrões de potabilidade. Os recursos hídricos subterrâneos são uma alternativa de abastecimento simples, confiável, eficiente, de baixo custo e com alta disponibilidade. Segundo diagnóstico efetuado pela CETESB, 1997 [1], o uso das águas subterrâneas para o abastecimento público no Estado de São Paulo, vem crescendo gradativamente. Atualmente, 72% dos municípios do Estado são total ou parcialmente abastecidos por águas subterrâneas. Isto mostra a importância deste recurso para o abastecimento, reforçando a necessidade de proteção da qualidade destas águas.

No Estado de São Paulo, estão estabelecidos padrões de qualidade do ar, das águas superficiais, bem como a política para controle da poluição por resíduos sólidos. Mantendo a sua atribuição de preservar a qualidade dos meios ambientais, a CETESB está adotando os valores orientadores para o solo e para as águas subterrâneas.

As principais questões a serem respondidas no gerenciamento da qualidade de solos e das águas subterrâneas, tanto em caráter preventivo quanto corretivo são: o que é solo "limpo", o que é uma área suspeita de contaminação e o que é uma área contaminada.

Um solo pode ser considerado “limpo” quando a concentração de um elemento ou substância de interesse ambiental for menor ou igual ao valor de ocorrência natural. Esta concentração pode ser denominada valor de referência de qualidade que, em função da variabilidade dos solos, não será fixada como padrão em legislação.

Segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, publicado pela CETESB, 1999 [2], uma área suspeita de contaminação é aquela na qual, após a realização de uma avaliação preliminar, foram observadas indicações de uma suspeita de contaminação. Esta avaliação é realizada com base em informações disponíveis, não incluindo necessariamente amostragem e análise de solos e águas subterrâneas.

A área será considerada contaminada se, entre outras situações, as concentrações de elementos ou substâncias de interesse ambiental estiverem acima de um dado limite denominado valor de intervenção, indicando a existência de um risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área, a qual inclui uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais, visando a minimização das vias de exposição como a restrição do acesso de pessoas à área e suspensão do consumo de águas subterrâneas ou superficiais.

Na Holanda, para determinação dos valores de referência de qualidade, no que se refere a compostos naturalmente presentes (metais), foram empregadas relações empíricas, desenvolvidas como sendo uma função do conteúdo de argila e matéria orgânica no solo.

A lista provisória foi discutida e criticada por um comitê de especialistas e a lista revisada foi publicada.

Esses novos valores de referência estão sendo utilizados para caracterizar áreas contaminadas por resíduos perigosos e restringir licenças. No caso dos compostos naturalmente ausentes (antropogênicos), os valores de referência (S) adotados são os limites de detecção dos respectivos métodos analíticos, considerando-se a melhor tecnologia disponível, segundo Theelen e Nijof, 1996, [3].

Uma alternativa para diminuir os impactos decorrentes da limitação tecnológica e dos altos custos da remediação tem sido a revisão dos valores ambientais a serem atingidos. A revisão desses valores tem sido feita com a incorporação da avaliação de risco, Finotti, 1997, [4].

A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista orientadora genérica de valores de referência de qualidade e de intervenção, sendo estes últimos estabelecidos a partir de modelos de avaliação de risco, com base na definição de cenários de uso e ocupação do solo, nas diferentes vias de exposição e na quantificação de variáveis toxicológicas, Dias e Casarini, 1996, [5].

Portanto, antes de se partir para uma avaliação detalhada, aplicando-se modelos de avaliação de risco caso a caso, a qual envolve altos custos e grande especialização, uma lista orientadora de valores de referência de qualidade e valores de intervenção pode e deve ser utilizada.

A função destes valores numéricos é prover uma orientação quantitativa no processo de avaliação de áreas contaminadas, devendo a avaliação de risco caso a caso ser utilizada no processo de tomada de decisão sobre a necessidade, urgência e alvo de remediação, com vistas à proteção da saúde humana. A maioria das legislações preconiza que essa remediação deve ser encerrada quando um determinado valor de concentração de poluente é atingido. Este poderá ser o valor de alerta ou um outro, abaixo deste, chegando até mesmo ao valor natural, dependendo do cenário em que a área contaminada se insere.

Cabe ressaltar que o uso de valores internacionais pode levar a avaliações inadequadas, já que existem diferenças nas condições climáticas, tecnológicas e pedológicas de cada país, justificando o desenvolvimento de listas orientadoras próprias, compatíveis com as características de cada um deles.

Muitos fatores são responsáveis pelas diferentes abordagens em diferentes países. Entre esses se destacam o sistema legal e administrativo; as responsabilidades; as regras de propriedade do solo; os históricos industriais; os aspectos culturais e sociais, que definem as atitudes em relação aos bens a proteger; a forma de uso e ocupação do solo, incluindo as pressões de reutilização; os aspectos econômicos e a disponibilidade de recursos e tecnologias.

Este documento apresenta os valores orientadores que incluem, os valores de referência de qualidade, alerta e de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo, como resultado de um trabalho que envolveu representantes dos diversos setores que atuam na questão da proteção da qualidade de solos e águas subterrâneas e do gerenciamento de áreas contaminadas.

SISTEMA PROPOSTO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Uma alternativa para o Estado de São Paulo é a adoção de uma estratégia combinada, utilizando-se uma lista orientadora de valores de referência de qualidade preestabelecidos, para a proteção da qualidade do solo e água subterrânea, valores de alerta que remetem ao monitoramento das águas subterrâneas e valores de intervenção, para diagnóstico e apoio à decisão quanto às ações de controle das áreas suspeitas de contaminação ou contaminadas. A avaliação de risco caso-a-caso será realizada onde se fizer necessária, para definir-se a necessidade, a urgência da remediação, as tecnologias a serem aplicadas, bem como o alvo de remediação.

Como adequação das metodologias internacionais, para as condições do Estado de São Paulo, foi adotado um sistema com base nos seguintes valores orientadores:

- valor de referência de qualidade - **R** , que indica o nível de qualidade para um solo considerado limpo ou a qualidade natural das águas subterrâneas. Foi estabelecido para solos, com base em análises químicas de amostras de diversos tipos de solos e de aquíferos;
- valor de alerta - **A** , que indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos, com caráter preventivo e quando excedido, requer monitoramento das águas subterrâneas identificação das fontes de poluição e seu controle. Foi estabelecido, para metais em solos agrícolas, com base em fitotoxicidade.
- valor de intervenção - **I** , que indica o limite de contaminação acima do qual, existe risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área, a qual inclui uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais, visando a minimização das vias de exposição como a restrição do acesso de pessoas à área e suspensão do consumo de águas subterrânea. Foi derivado com base em modelagem matemática de avaliação de risco.

Para as águas subterrâneas foi considerado que este recurso hídrico deve ser preservado como uma reserva estratégica de abastecimento para sustentabilidade das gerações futuras em função da escassez de oferta de água superficial, seu atual nível de deterioração e o elevado custo de tratamento para seu fornecimento com qualidade.

Além disso, atendendo ao artigo 18 do Decreto Estadual 32.955 de 07/02/91 que regulamenta a Lei 6.134 de 02/06/88 que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, CETESB, 1998, [6], as águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, deverão atender aos padrões de potabilidade fixados na legislação sanitária.

Desta forma, estabeleceu-se como valores de intervenção para as águas subterrâneas, os Padrões de Potabilidade da Portaria 36, atualizada pela Portaria 1.469 de 29.12.2000, do Ministério da Saúde [7], independentemente do uso atual e futuro deste recurso hídrico.

Para substâncias que não estão regulamentadas pelas Portarias do MS, derivou-se um valor de intervenção, a partir de uma concentração máxima aceitável no solo (que não causa risco) em um cenário agrícola/ Área de Proteção Máxima- APM_{ax}.

A Figura 1 apresenta o esquema conceitual da metodologia adotada para derivação dos valores de intervenção, modificada da proposta por Berg, 1994, [8]. Tabela 1 apresenta a lista de valores de referência de qualidade, de alerta e de intervenção para solos e águas subterrâneas, adotados pela CETESB e normatizados pela publicação no Diário Oficial do Estado de 26.10.2001 [9], complementada pelos valores de referência de qualidade para as águas subterrâneas publicados em relatório técnico da CETESB, 2001a, [10]. As Tabelas 2 e 3 apresentam uma comparação dos

valores adotados para o Estado de São Paulo com aqueles praticados em diversos países como em CETESB, 2001b [11].

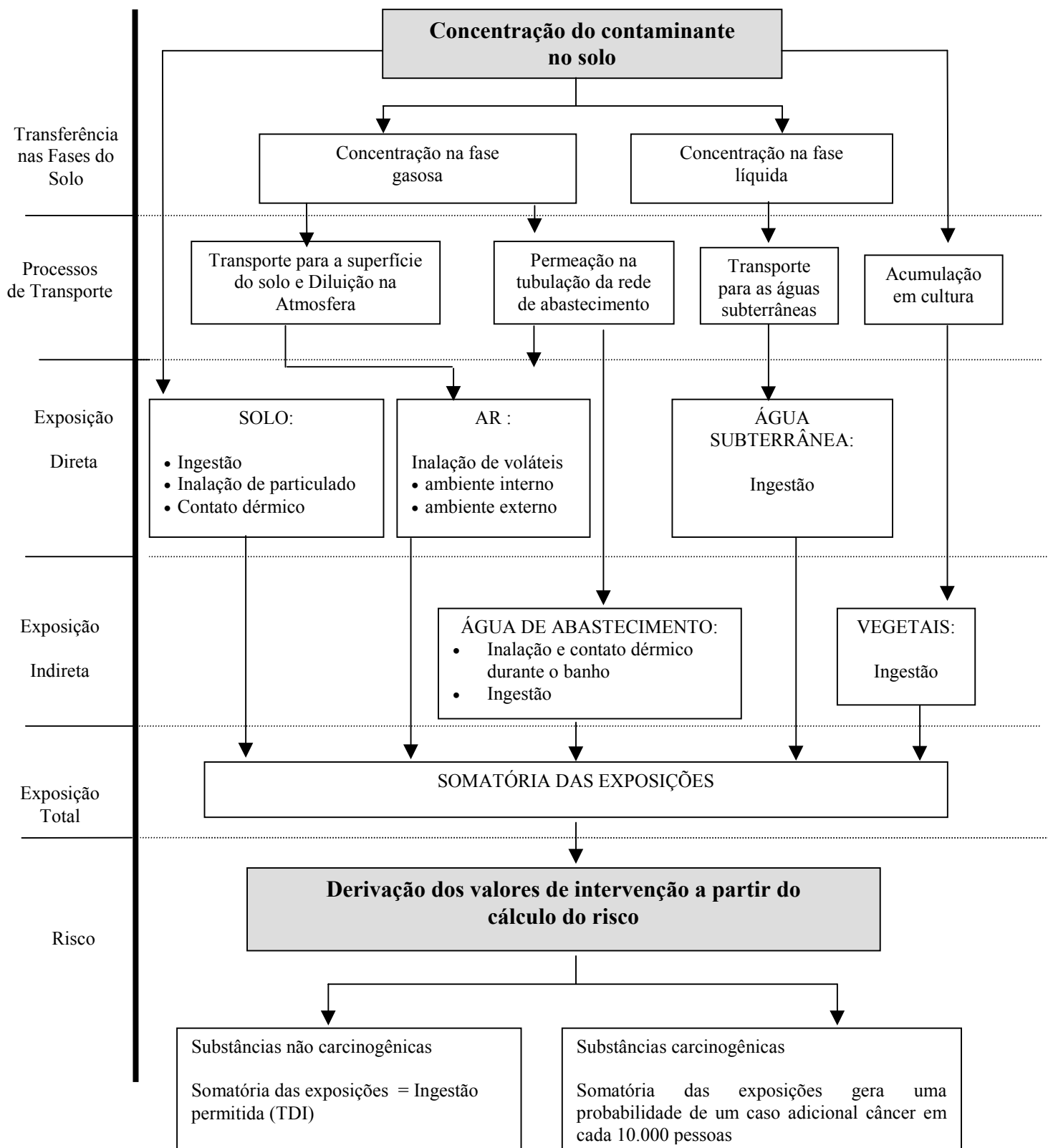


Figura 1 - Esquema conceitual utilizado pelo modelo C-Soil para o cálculo do risco. Modificado de Berg (1994).

Tabela 1 - Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo, destacando-se os valores de referência de qualidade para as águas subterrâneas.

Substância	VALORES ORIENTADORES								
	Solos (mg.kg ⁻¹)					Águas Subterrâneas(µg.L ⁻¹)			
	Referência	Alerta	Intervenção			REFERÊNCIA			Intervenção
			Agrícola APM _{Max}	Residencial	Industrial	Aqüífero Livre a Semi- Confinado		Aqüífero Confinado	
Taubaté						Outros ⁽⁷⁾			
METAIS									
Alumínio	--	--	--	--	--	<10	50	30	200 ⁽²⁾
Antimônio	<0,5	2,0	5,0	10,0	25	--	--	--	5 ⁽¹⁾
Arsênio	3,50	15	25	50	100	3	<2	<2	10 ⁽¹⁾
Bário	75	150	300	400	700	<400	<400	<400	700 ⁽¹⁾
Cádmio	<0,5	3	10	15	40	0,35	0,4	<0,1	5 ⁽¹⁾
Chumbo	17	100	200	350	1200	<2	<2	<2	10 ⁽¹⁾
Cobalto	13	25	40	80	100	--	--	--	30 ⁽⁵⁾
Cobre	35	60	100	500	700	--	--	--	2000 ⁽¹⁾
Cromo	40	75	300	700	1000	10	3 ⁶	<3	50 ⁽¹⁾
Ferro	--	--	---	--	--	290	<120	120	300 ⁽²⁾
Manganês	--	--	---	--	--	75	<9	<9	100 ⁽²⁾
Mercúrio	0,05	0,5	2,5	5	25	<0,3	<0,3	<0,3	1 ⁽¹⁾
Molibdênio	<25	30	50	100	120	--	--	--	250 ⁽⁵⁾
Níquel	13	30	50	200	300	--	--	--	50 ⁽⁴⁾
Prata	0,25	2	25	50	100	--	--	--	50 ⁽³⁾
Selênio	0,25	5	--	--	--	--	--	--	10 ⁽¹⁾
Vanádio	275	--	--	--	--	--	--	--	--
Zinco	60	300	500	1000	1500	--	--	--	5000 ⁽²⁾
ORGÂNICOS									
Benzeno	0,25	--	0,6	1,5	3,0	2,5			5 ⁽¹⁾
Tolueno	0,25	--	30	40	140	2,5			170 ⁽²⁾
Xilenos	0,25	--	3,0	6,0	15	2,5			300 ⁽¹⁾
Estireno	0,05	--	15	35	80	2,5			20 ⁽¹⁾
Naftaleno	0,20	--	15	60	90	--			100 ⁽⁵⁾
Diclorobenzeno	0,02	--	2,0	7,0	10,0	--			40 ⁽⁵⁾
Hexaclorobenzeno	0,0005	--	0,1	1,0	1,5	0,002			1 ⁽¹⁾
Tetracloroetileno	0,10	--	1,0	1,0	10	2,5			40 ⁽¹⁾
Tricloroetileno	0,10	--	5,0	10	30	2,5			70 ⁽¹⁾
1,1,1 Tricloroetano	0,01	--	8,0	20	50	--			600 ⁽⁵⁾
1,2 Dicloroetano	2,00	--	0,5	1,0	2,0	2,5			10 ⁽¹⁾
Cloreto de Vinila	0,05	--	0,1	0,2	0,7	--			5 ⁽¹⁾
Pentaclorofenol	0,01	--	2,0	5,0	15,0	0,1			9 ⁽¹⁾
Triclorofenol	0,2	--	1,0	5,0	6,0	0,2			200 ⁽¹⁾
Fenol	0,3	--	5,0	10,0	15,0	--			0,1 ⁽³⁾
Aldrin e Dieldrin	0,00125	--	0,5	1,0	5,0	0,005			0,03 ⁽¹⁾
DDT	0,0025	--	0,5	1,0	5,0	0,01			2 ⁽¹⁾
Endrin	0,00375	--	0,5	1,0	5,0	0,015			0,6 ⁽¹⁾
Lindano (δ-BHC)	0,00125	--	0,5	1,0	5,0	0,005			2 ⁽¹⁾

- 1- Padrão de Potabilidade da Portaria 1.469 do Ministério da Saúde para Substâncias que apresentam risco à saúde
 - 2- Padrão de Potabilidade da Portaria 1.469 do Ministério da Saúde para aceitação de consumo (critério organoléptico).
 - 3- Padrão de Potabilidade da Portaria 36 do Ministério da Saúde;
 - 4- Comunidade Econômica Européia
 - 5- Com base no valor de intervenção para solos no Cenário Agrícola/Área de Proteção Máxima(APMax)
 - 6- Com exceção do Sistema Aqüífero Bauru onde o VRQ para cromo é 40 µg/L
 - 7- Sistemas Aqüíferos: Bauru, Itararé, Serra Geral e Embasamento Cristalino.
- não estabelecido

Tabela 2. Comparação dos valores orientadores para solos do Estado de São Paulo com os valores internacionais.

Substância (mg.kg ⁻¹)	Estado de São Paulo					Holanda	EUA SSL		Alemanha				Canadá Federal			Inglaterra		França		
	Valores de Referência de Qualidade	Alerta	Valores de intervenção				(1)	Ingestão de Solo		Valores Gatilho (Ingestão direta de solo)				Agric	Resid	Indust	A	B	C	D
			Agric/ APM	Resid	Indúst	Resid		Indust	Parq. Infant.	Resid	parque	Indu.								
Antimônio	<0,5	2,0	5,0	10,0	25	--	31	820	--	--	--	--	20	20	40	--	--	--	--	--
Arsênio*	3,5	15	25	50	100	55	0,4	3,8	25	50	125	140	20	30	50	10	40	40	100	200
Bário	75	150	300	400	700	625	5.500	140.000	--	--	--	--	750	500	2000	--	--	200	400	1000
Cádmio*	<0,5	3	10	15	40	12	78	2.000	10	20	50	60	3	5	20	3	15	4	10	20
Chumbo*	17	100	200	350	1200	530	400	--	200	400	1.000	2.000	375	500	1000	500	2000	200	500	1000
Cobalto	13	25	40	80	100	240	--	--	--	--	--	--	40	50	300	--	--	30	60	150
Cobre*	35	60	100	500	700	190	--	--	--	--	--	--	150	100	500	--	50	200	500	1000
Cromo*	40	75	300	700	1000	380	390	--	200	400	1.000	1.000	750	250	800	600	1000	300	750	1500
Mercurio*	0,05	0,5	2,5	5	25	10	--	--	10	20	50	80	0,8	2	10	1,0	2,0	2	5	10
Molibidênio	<25	30	50	100	120	200	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	8	20	40
Níquel*	13	30	50	200	300	210	1.600	41.000	70	140	350	900	150	100	500	20	20	100	250	500
Prata*	0,25	2	25	50	100	--	390	10.000	--	--	--	--	--	25	50	--	--	20	50	100
Selênio	0,25	5	--	--	--	--	390	10.000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Vanádio	275	--	--	--	--	--	550	14.000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Zinco*	60	300	500	1000	1500	720	23.000	610.000	--	--	--	--	600	500	1500	130	130	600	1500	3000
Benzeno	0,25	--	0,6	1,5	3,0	1	22	200	--	--	--	--	0,05	0,5	5	--	--			
Tolueno*	0,25	--	30	40	140	130	16.000	4,1E+5	--	--	--	--	0,1	3	30	--	--			
Xilenos*	0,25	--	3,0	6,0	15	25	1,6E+5	4,1 E+6	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
Estireno*	0,05	--	15	35	80	100	16.000	4,1E+5	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
Naftaleno*	0,20	--	15	60	90	40	3.100	41.000	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
Diclorobenzeno	0,02	--	2,0	7,0	10,0	10	--	--	--	--	--	--	0,1	1	10	--	--			
Hexaclorobenzeno	0,0005	--	0,1	1,0	1,5	30	--	--	4	8	20	200	0,05	2	10	--	--			
Tetracloroetileno*	0,10	--	1,0	1,0	10	4	12	110	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
Tricloroetileno	0,10	--	5,0	10	30	60	--	--	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
1,1,1 Tricloroetano	0,01	--	8,0	20	50	--	1.600	41.000	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
1,2 Dicloroetano*	0,5	--	0,5	1,0	2,0	4	7	63	--	--	--	--	0,1	5	50	--	--			
Cloreto de Vinila	0,05	--	0,1	0,2	0,7	0,1	0,3	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
Pentaclorofenol	0,01	--	2,0	5,0	15,0	5	--	--	50	100	250	250	0,05	0,5	5	--	--			
2,4,6 Triclorofenol*	0,2	--	1,0	5,0	6,0	5	--	--	--	--	--	--	0,05	0,5	5	--	--			
Fenol*	0,3	--	5,0	10,0	15,0	40	47.000	1,2E+6	--	--	--	--	0,1	1	10	5	5			
Aldrin e Dieldrin	0,00125	--	0,5	1,0	5,0	4	0,04	0,34	2	4	10	--	--	--	--	--	--			
DDT	0,0025	--	0,5	1,0	5,0	4	2	17	40	80	200	--	--	--	--	--	--			
Endrin	0,00375	--	0,5	1,0	5,0	4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
Lindano (δ-BHC)*	0,00125	--	0,5	1,0	5,0	2	0,5	4,4	5	10	25	400	0,01	--	--	--	--			

São Paulo : (*) – com base no risco à criança : cenário Agrícola/APMax; (--) não estabelecido ; **Holanda** - (1) : Multifuncionalidade; **Inglaterra** : A – Jardins Domésticos , Loteamentos / B - Parques, Campos para Jogos . **Fonte**: Visser,1994 [12] ; e Buonicore,1995 [13]

Tabela 3. Comparação dos valores orientadores para as águas subterrâneas do Estado de São Paulo com os valores internacionais.

Substância (µg/L)	Valor de Intervenção (1)	EPA/USA	CEE	Canadá	Alemanha	USA		Holanda
		(2)	(3)	(4)		Connecticut		
		Potabilidade		Quebec	Valor Gatilho	(5)	(6)	
Alumínio	200							
Antimônio	5	6	10	--	10	--	--	--
Arsênio	10	50	50	100	10	0,02	50	60
Bário	700	2000	--	2000		--	--	625
Cádmio	5	5	--	20	5	18	5	6
Chumbo	10	15	--	100	25	--	15	75
Cobalto	30	--	--	200	50	--	--	100
Cobre	2000	10	--	1000	50	260	250	75
Cromo	50	100	--	50	50	36	50	30
Ferro	300							
Manganês	100	--	200	--		--	--	--
Merúrio	1	--	--	20	1	2,2	2,0	0,3
Molibidênio	250	--	--	100	50	--	--	300
Níquel	50	100	--	1000	50	140	100	75
Prata	50	--	--	200		36	50	--
Selênio	10	50	10	50	10	36	--	--
Zinco	5000	--	--	10000	500	2200	2000	800
Benzeno	5	5	--	5	1	1	1	30
Tolueno	170	40	--	100	--	1400	1000	1000
Xilenos	300	20	--	60	--	10	--	70
Estireno	20	10	--	120	--	140	100	300
Naftaleno	100	--	--	30	2	280	300	70
Diclorobenzeno	40	--	--	0,1	--	--	--	50
Hexaclorobenzeno	1	--	--	--	--	--	--	0,5
Tetracloroetileno	40	--	--	--	--	--	--	--
Tricloroetileno	70	5	--	--	--	0,7	5	40
1,1,1 Tricloroetano	600	5	--	--	--	--	5	500
1,2 Dicloroetano	10	200	--	--	--	640	200	--
Cloro de Vinila	5	5	--	50 - 70	--	4	--	400
Pentaclorofenol	9	2	--	--	--	2	2	0,7
2,4,6 Triclorofenol	200	1	--	5	--	0,3	1	3
Fenol	0,1	--	--	--	--	--	--	10
Aldrin e Dieldrin	0,03	--	--	--	20	--	--	2000
DDT	2	--	--	2	0,1	--	--	0,1
Endrin	0,6	--	--	--	0,1	--	--	0,01
Lindano (δ-BHC)	2	2	--	0,5	--	--	2	0,1

Fonte: Visser, 1994 [12]; Buonicore, 1995 [13] e CETESB, 1990 [14].

- (1) **São Paulo com base na** Portaria 36 de 1990, atualizado pela Portaria 1.469 de 29.12.2000 do Ministério da Saúde/ Para substâncias não legisladas considerou-se o risco em cenário Agrícola.
- (2) EPA-USA/
- (3) CEE - Comunidade Econômica Européia/
- (4) **Canadá** "Groundwater Severe Contamination Indicator"/
- (5) **USA Connecticut** - Critério com base no Risco
- (6) **USA Connecticut** - Proteção às Águas Subterrâneas/
- (7) **Holanda:** Multifuncionalidade.

(--) não estabelecido

DISCUSSÃO

A proteção da qualidade e o controle da poluição de solo e das águas subterrâneas devem utilizar valores orientadores estabelecidos através de dados e informações nacionais e derivados com base em modelo de avaliação de risco à saúde humana.

O sistema de valores orientadores foi elaborado para ser utilizado como um instrumento ágil e de fácil aplicação no suporte às decisões para as ações de prevenção e controle da poluição dos solos e das águas subterrâneas, pelos diferentes usuários, incluindo as várias áreas da CETESB, de maneira padronizada.

Os valores de referência de qualidade de solos e águas subterrâneas constituirão a base para a elaboração de um banco de dados de qualidade, ferramenta fundamental no gerenciamento destes bens a proteger.

Para substâncias naturalmente ausentes no ambiente estão sendo propostos como Valores de Referência de Qualidade, os limites de detecção dos métodos analíticos utilizados, tanto para solos como para águas subterrâneas, uma vez que os métodos analíticos não detectam o zero absoluto em termos de concentração.

Foi realizada uma análise de regressão múltipla para derivar equações correlacionando as concentrações de metais com as propriedades do solo: argila, resíduo volátil e pH. Os resultados são preliminares, necessitando maior estudo sobre esta questão, caso isso seja considerado relevante.

No momento, estão sendo adotados como Valores de Referência de Qualidade, para as substâncias naturalmente presentes (metais) no solo e nas águas subterrâneas, os valores do quartil superior (75%) das análises descritivas dos dados analíticos, obtidos a partir da análise de amostras de solo coletadas em áreas representativas dos principais tipos de solos do Estado de São Paulo, com pouca influência antropogênica e de amostras de águas subterrâneas coletadas em poços tubulares utilizados para abastecimento público. Os resultados obtidos estão dentro da faixa das concentrações naturais reportadas em bibliografia nacional e internacional por Malavolta, 1994 [15]; Thorton, 1981 [16]; Kabata-Pendias, e Pendias 1984 [17]; Singh and Steinnes, 1994 [18]; CETESB, 1997 [19].

Os valores de referência de qualidade nas águas subterrâneas dos principais sistemas aquíferos foram estabelecidos com base nos resultados do monitoramento de poços tubulares de abastecimento público, devendo ser implantado pela CETESB uma rede de poços de monitoramento de aquíferos freáticos.

Uma lista de valores de intervenção para solos e águas subterrâneas derivados com base em avaliação de risco, apresenta-se como uma importante ferramenta para o suporte à decisão, no gerenciamento de áreas contaminadas, agilizando as ações de controle. Desta forma em áreas, onde este valor for ultrapassado, para solos e/ou águas subterrâneas, existe a necessidade de ação

imediate minimizando o risco à saúde pública através do manejo das vias de exposição (restrições ao acesso de pessoas, ao consumo de água, etc).

Como o valor de intervenção foi derivado admitindo-se condições hipotéticas, o responsável pela contaminação, deverá efetuar uma investigação detalhada que inclui monitoramento de solos e águas subterrâneas para os contaminantes prioritários, avaliação das possibilidades de transporte desses contaminantes para o entorno da área afetada, avaliação das possibilidades desses contaminantes serem ingeridos ou absorvidos por pessoas, animais ou plantas, através de uma avaliação de risco. Com base nessa investigação, deverá ser decidida a necessidade, a urgência da remediação, a melhor tecnologia de remediação e o valor alvo de remediação para os meios contaminados.

Para a avaliação de risco efetuada neste trabalho, padronizou-se a população exposta e a área contaminada, caracterizando-se os cenários de uso e ocupação do solo estabelecido no Decreto 32.955/91 que regulamenta a Lei 6.134/88.

Avaliando-se as Tabelas 2 e 3 , observa-se que a faixa de variação dos valores internacionais de intervenção no mundo é muito ampla, passando de muito rígido a muito permissivo. A diferença entre países pode ser explicada pelo uso de diferentes fatores de segurança, na extrapolação de dados experimentais de animais para seres humanos, no uso ou não de critérios de avaliação de risco na derivação de listas orientadoras e também pela política econômico-ambiental adotada. Essas diferentes formas de derivação de valores de intervenção dificultam a comparação entre eles.

Para os valores derivados para o Estado de São Paulo, as principais vias de exposição, no caso de metais, são consumo de água e vegetais. Os mecanismos de transferência do poluente do solo para estes meios precisam ser melhor compreendidos e a quantidade de vegetais produzidos e consumidos na área contaminada melhor estimada.

O risco calculado pelo modelo C-soil, aplica-se somente às fases adsorvidas e dissolvidas, e não à fase livre. Portanto devem ser observados os limites de solubilidade de cada substância, em comparação com a sua concentração na solução do solo, calculada pelo modelo com base em coeficientes de partição solo-água.

O modelo C-soil não avalia a exposição que sofre um indivíduo por fontes de origem exógena à área de estudo. Assim, no caso de avaliação de risco de uma contaminação de cádmio, a ingestão dessa substância advinda de fontes como fumaça de cigarro ou ingestão de alimentos contaminados produzidos fora da área em questão, não é considerada.

Além da comparação entre os valores de intervenção derivados e os internacionais, as concentrações calculadas em cada via de exposição, também deverão ser comparadas a outras normas, nacionais e internacionais, como por exemplo, saúde ocupacional e concentrações máximas permitidas em alimentos.

Os valores de alerta, aqui estabelecidos, têm caráter preventivo, evitando que o solo utilizado para disposição ou tratamento, torne-se uma área contaminada. Estes valores representam um limite para adição de metais no solo, seja por tratamento e/ou disposição de resíduos sólidos, aplicação de lodo de estações de tratamento, aplicação de efluentes tratados, aplicação de insumos agrícolas fabricados a partir de resíduos industriais (micronutrientes), avaliação de solos utilizados em terraplanagem e avaliação de fonte de contaminação por deposição atmosférica de material particulado.

Neste momento, optou-se pela definição do cenário agrícola/área de proteção máxima para a derivação de valores de alerta para metais, considerando que nesse cenário existe a adição controlada de poluentes. Os valores de alerta foram então derivados com base em dados publicados de fitotoxicidade para metais

Considerando-se que os contaminantes, quanto disponíveis em solução, podem ser absorvidos pelas plantas ou migrar para as águas subterrâneas, optou-se, por derivar os valores de alerta com base em fitotoxicidade. Este valor indica o nível de concentração no solo acima do qual deve ser iniciado o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas do sistema aquífero freático, para qualquer cenário de uso e ocupação do solo identificando e controlando as possíveis fontes de contaminação, de modo a cessar o aporte de poluentes no solo e nas águas subterrâneas.

Em casos específicos, deve ser verificado se a concentração de metais representa uma anomalia natural do solo. Não haverá necessidade de maiores investigações na área em estudo, quando as concentrações detectadas dos poluentes estiverem acima do valor de referência de qualidade, porém abaixo do valor de alerta.

Aplicação dos valores de referência de qualidade e de intervenção

Um problema freqüentemente encontrado, quando do uso de valores numéricos pré-estabelecidos, é saber como lidar com as condições específicas de cada local, que é único em suas características devido ao tipo de contaminante, propriedades e uso do solo e situação hidrogeológica. Conseqüentemente, contaminações similares não resultam necessariamente em riscos similares. O risco varia com a exposição, para a qual, a disponibilidade do poluente é um fator importante. Então, a aplicação de valores orientadores não poderá fornecer respostas universais às questões de riscos associados à poluição de solo.

Apesar dessa limitação, o critério numérico genérico tem muitas vantagens, como por exemplo: possibilidade de utilização como indicador do grau de poluição; rapidez e facilidade de implantação; utilização como fonte de informação, facilitando o planejamento das ações; coerência com a política de controle de poluição, através de padrões ambientais; utilização para avaliação da eficiência do tratamento de solos; capacidade de reduzir influências políticas locais.

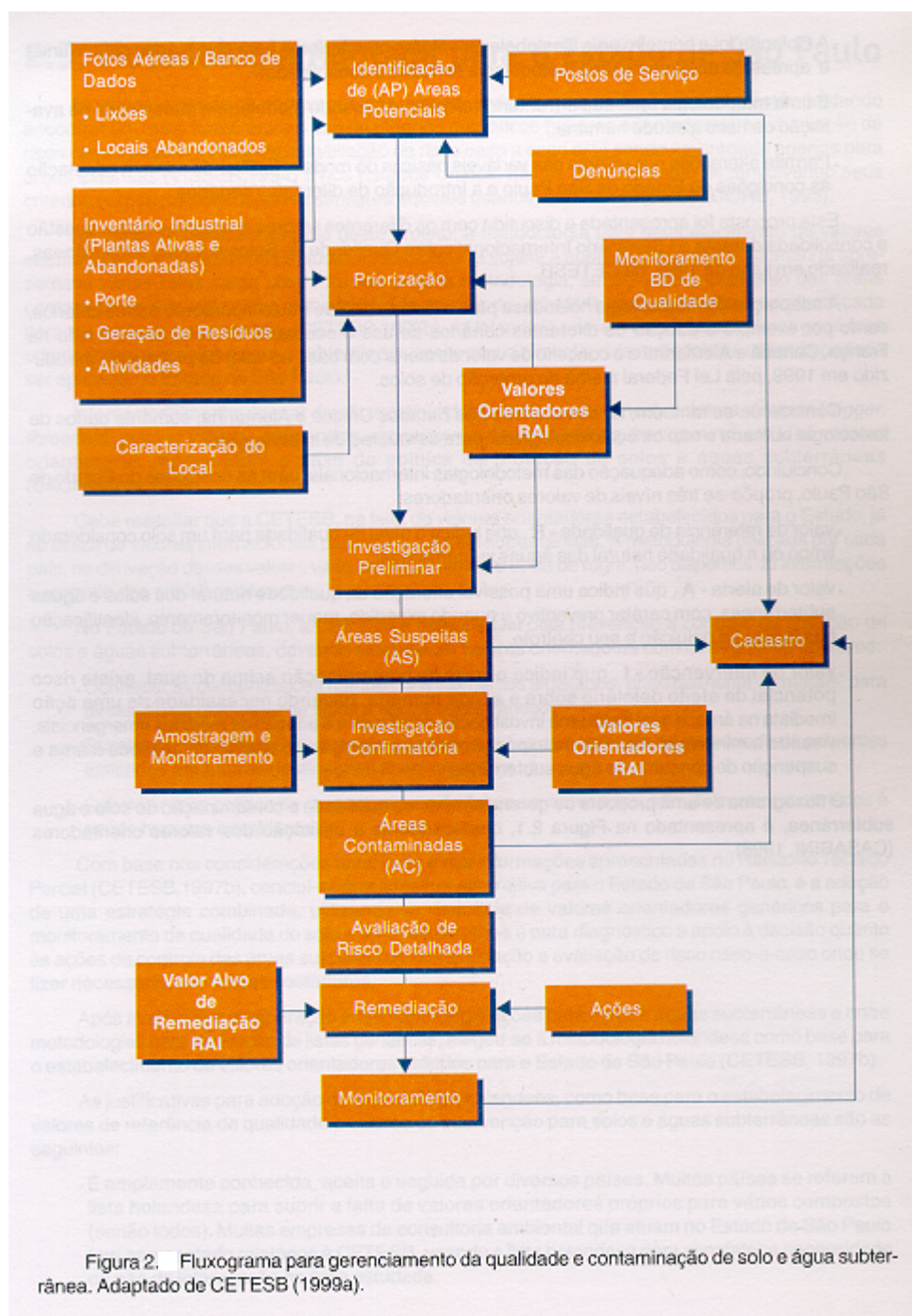
Ao se desenvolver valores numéricos derivados com base no critério de uso do solo, que considera apenas o risco à saúde pública, alguns problemas de ordem prática devem ser resolvidos:

- definição do cenário, nos casos em que ocorre, no mesmo local e simultaneamente, mais de uma possibilidade de uso do solo;
- necessidade de quantificação de um grande número de parâmetros, pois vários cenários de exposição devem ser considerados;
- avaliação do uso do solo dependente de padrões baseados na saúde pública, em detrimento de outros importantes aspectos do meio ambiente, como poluição de água subterrânea ou efeitos sobre os processos biológicos e função do solo e
- como lidar com as incertezas em todos os estágios da derivação de critérios numéricos.

A Figura 2 ilustra como os valores orientadores podem ser inseridos no fluxograma para gerenciamento da qualidade e contaminação de solos e águas subterrâneas, Casarini. 1998,[20].

De acordo com Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas [2], na etapa de investigação confirmatória, as concentrações dos contaminantes deverão ser comparadas com os valores orientadores, observando-se o quanto próximo está do valor de referência de qualidade ou do valor de intervenção. Quando a concentração real do contaminante ultrapassar os valores de intervenção, a área será declarada contaminada, devendo-se efetuar a investigação detalhada incluindo modelagem de fluxo, transporte e avaliação de risco com objetivos de intervenção na área executando-se medidas emergenciais de contenção da pluma, restrição de acesso a pessoas, restrição de utilização das águas locais e de remediação.

A Agência Ambiental deve ter uma postura conservativa. Assim, nos casos de indefinição do cenário ou outras incertezas, sugere-se usar o caso mais restritivo.



CONCLUSÕES

O emprego de listas com valores orientadores tem sido prática usual nos países com tradição na questão da proteção da qualidade de solos e águas subterrâneas e no controle de áreas contaminadas.

Até o momento, as agências ambientais não dispunham de valores orientadores adaptados às condições do Estado de São Paulo, para subsidiar as decisões de controle de poluição de solos e águas subterrâneas. A CETESB publicou os valores orientadores no Diário Oficial do Estado afim de torná-los normativos. Além disso foi publicado um relatório técnico a fim de lançar as bases para uma discussão mais ampla com diversos setores da sociedade, envolvidos com a problemática de proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas.

Para compostos orgânicos antropogênicos que são substâncias naturalmente ausentes em solos e águas subterrâneas, foi adotado como valor de referência de qualidade, o limite de detecção do método analítico. Esta é uma alternativa utilizada por outros países, sendo universalmente aceita, sem a necessidade de maiores pesquisas. Destaca-se que os laboratórios da CETESB estão passando por processo de capacitação material e humana, e assim novos limites devem ser estabelecidos.

Para substâncias naturalmente presentes (metais) no solo e nas águas subterrâneas adotou-se como valor de referência de qualidade o quartil superior (75%) dos dados obtidos até o momento.

Os valores de intervenção para solos, de modo geral, foram coerentes com valores adotados internacionalmente e com as concentrações naturais no caso dos metais. O uso de cenários de exposição flexibiliza as exigências de controle, entretanto cuidados especiais devem ser tomados quando da mudança do uso e ocupação do solo. Sendo assim, é importante em casos de solos cadastrados como comprovadamente contaminados, que esta informação conste da escritura do terreno registrado em Cartório a fim de garantir a segurança e saúde humana dos futuros usos e ocupações do local. Considerando-se que as prefeituras são as responsáveis pelo licenciamento do uso e ocupação do solo há uma necessidade de interação das Agências Ambientais com as mesmas.

Quando às águas subterrâneas, propõe-se, como valores de intervenção, a adoção do Padrão de Potabilidade das Portarias 1469/00 e 36/90 do Ministério da Saúde. Para as substâncias não legisladas nesta Portaria, o valor de intervenção foi derivado com base no valor de intervenção para solos em cenário agrícola, considerando-se a lei de equilíbrio das fases do solo e um fator de diluição e atenuação (DAF) igual a 10, como proposto em EPA, 1994 [21] e EPA, 1996 [22].

Os valores de alerta têm caráter preventivo, evitando que o solo em estudo torne-se uma área contaminada. Estes valores representam um limite para adição de metais no solo e foram derivados para metais com base em dados de fitotoxicidade.

Para outros Estados do Brasil, que ainda não possuem valores orientadores, sugere-se que adotem os valores de intervenção aqui publicados pois metodologicamente forma derivados com

base em avaliação de risco à saúde humana, utilizando variáveis levantadas no IBGE, válidas para as condições brasileiras. Os valores de referência de qualidade deverão ser estabelecidos em cada Estado, considerando a variabilidade dos solos, podendo, em investigações de áreas contaminadas, provisoriamente utilizar análise de solos limpos adjacentes ao local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CETESB. **Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo: 1997**. São Paulo : CETESB, 1997a. 48 p.
- [2] CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. CETESB-GTZ. São Paulo:CETESB. 1999. 385p.
- [3] THEELEN, R.M.C.; NIJHOF, A.G. **Dutch methodology of risk assessment of contaminated soils: human health and ecosystem**. Deventer : Tauw Milieu, 1996.
- [4] FINOTTI, A.R. **Estudo da aplicabilidade do modelo da ação corretiva baseada no risco (RBCA) em contaminações subterrâneas com gasolina e etanol**. Florianópolis, SC, 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.
- [5] DIAS, C.L.; CASARINI, D.C.P. **Gerenciamento da qualidade de solos e águas subterrâneas**. Relatório técnico de viagem à Holanda. São Paulo : CETESB, 1996. 50p.
- [6] CETESB. **Legislação Estadual**. CETESB. São Paulo. Série Documentos. 1998.
- [7] Ministério da Saúde. **Portaria 1469 de 31.12.2000**.
- [8] BERG, R.van den. **Human exposure to soil contamination a qualitative and quantitative analyses towards proposals for human toxicological intervention values**. Netherlands : RIVM, 1994. 93p. (Report 725201011).
- [9] DOE – **Diário Oficial do Estado**. Em **26.10.2001**. página 18. A CETESB publica lista de valores orientadores para Solos e Águas Subterrâneas.
- [10] CETESB. **Relatório de Monitoramento da Qualidade de Águas Subterrâneas 1998-2000**. CETESB. São Paulo. 2001a.
- [11] CETESB. **Estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo: 2001b**. relatório final. São Paulo : CETESB, 2001. 245p.
- [12] VISSER, W.J.F. **Contaminated land policies in some industrialized countries**. 2 ed. The Hague : Technical Soil Protection Committee, 1994. 149p.
- [13] BUONICORE, A.J. (Ed.) **Cleanup criteria for contaminated soil and groundwater**. Filadélfia : ASTM/Air and Waste Management Association, 1995. 326p. (DS64).
- [14] CETESB. **Compilação de padrões ambientais**. São Paulo : CETESB, 1990. 6p.
- [15] MALAVOLTA, E. **Micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos**. São Paulo : Produquímica, 1994. 140p.

- [16] THORNTON, I. Geochemical aspects of the distribution and forms of heavy metals in soils. In: LEPP, N.W. (Ed.) **Efect of heavy metal pollution on plants: metals in the environment**. v.2, London : Appl. Sci. Publ., 1981. Cap. 1, p.1-33.
- [17] KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Flórida : Boca Raton, 1984. 315p.
- [18] SINGH, B.R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Eds.) **Advances in soil science: soil process and water quality**. USA : Lewis, 1994. p.233-237.
- [19] CETESB. **Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo: 1997**. relatório parcial. São Paulo : CETESB, 1997. 110p.
- [20] CASARINI, D.C.P. As Águas Subterrâneas e a Indústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 10, São Paulo, SP, set 1998. **Anais**. ABAS : São Paulo, 1998.
- [21] EPA. **Soil screening guidance: Thecnical background document**. Washington DC : EPA, 1994. (EPA/540/R-94/106).
- [22] **Soil screening guidance: thecnical background document..** Washington, DC : EPA, Office of solid waste and emergency response, 1996. 168p. mais apêndices. (EPA/540/R-95/128).