

## AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E A INDÚSTRIA

**Dra. Dorothy C. P. Casarini<sup>1</sup>**

**Resumo** – Considerando a questão da proteção da qualidade das águas subterrâneas como atribuição legal do controle de poluição, faz-se necessária a adoção, pela Cetesb, de uma estratégia de gestão, visando não somente áreas a proteger, mas também, o controle das áreas contaminadas.

A nível regional, a Cetesb está efetuando sua ação através dos Planos de Ação de Controle (PAC), sendo a prioridade, o controle das fontes de elevado potencial poluidor.

Como subsídio às ações de controle, efetuou um levantamento do uso das águas subterrâneas para o abastecimento público. Outra atividade importante, que teve início em 1990, é a formação de uma rede de monitoramento de poços tubulares profundos de abastecimento público dos principais aquíferos do Estado. Para o estabelecimento de prioridades de ações de prevenção, a CETESB publicou, em parceria com outros órgãos, o mapeamento da vulnerabilidade ao risco de poluição das águas subterrâneas, em escala 1:1.000.000. Em 1996, foi iniciada a elaboração de mapas em uma das áreas críticas, em escala local 1:50.000. Está sendo estabelecido também o sistema RAI, que é constituído pelo Padrão de Referência de Qualidade (R), o Valor de Alerta (A) e o Valor de Intervenção (I).

**Palavras chave** - Águas Subterrâneas, Indústria, Poluição.

A CETESB estabelecendo suas metas institucionais para o período de 1998-2002 fixou, como premissas, seu reconhecimento como órgão de excelência na área ambiental e a institucionalização de novos canais de participação da sociedade civil na execução da política e de diretrizes governamentais definidas para a administração da qualidade ambiental.

Visando à melhoria da qualidade ambiental do Estado de São Paulo foram estabelecidas metas ambientais, operacionais e institucionais. As metas ambientais são:

- Reduzir a concentração de poluentes atmosféricos aos níveis estabelecidos pela legislação nas regiões consideradas saturadas e garantir a manutenção dos padrões primários de qualidade do ar, e secundários nas situações previstas em lei, nas demais regiões do Estado.
- Garantir que 90% dos resíduos sólidos domiciliares gerados no Estado de São Paulo sejam tratados e dispostos em sistemas aprovados pela CETESB.
- Garantir que, das fontes prioritárias, indústrias ou não 70% dos resíduos sólidos classe II e 100% dos resíduos sólidos classe I sejam estocados, tratados e dispostos em sistemas aprovados e controlados pela CETESB.
- Garantir que as fontes responsáveis por 90% da carga poluidora industrial e 50% da carga orgânica de origem doméstica, em cada UGRHI, tenham seus efluentes líquidos enquadrados nos padrões de emissão visando atender o padrão de qualidade estabelecido na legislação vigente, como parte do processo de melhoria da qualidade dos recursos hídricos.
- Garantir que nas UGRHI's localizadas em áreas vulneráveis, 90% das fontes prioritárias pontuais sejam controladas, tratadas e dispostas de maneira adequada, a fim de proteger a qualidade do recurso hídrico subterrâneo.

Dentre as várias metas operacionais destaca-se uma em especial. Finalizar a regulamentação da Lei 997 (São Paulo, 1976a), que dispõe sobre o controle da poluição no Estado de São Paulo, até julho de 1998. O objetivo principal desta meta é a revisão do decreto 8468 (São Paulo, 1976b), atualizando-o e contemplando novos temas, como a introdução de um capítulo específico para as água subterrâneas.

Ainda existe uma atitude generalizada de subestimar os riscos de poluição das águas subterrâneas, traduzida pela falta de políticas e de ações voltadas para sua proteção. A poluição da água subterrânea nos países desenvolvidos não havia sido

constatada até a década de 70, quando os programas de monitoramento começaram a detectar traços de compostos orgânicos sintéticos em poços de abastecimento público, sendo então criados programas governamentais e uma rigorosa legislação para água subterrânea. Como os processos industriais existentes no Brasil, são similares aos existentes naqueles países, deduz-se que os processos de poluição dos aquíferos também devem estar acontecendo aqui, porém, têm sido pouco estudado.

A integração das questões relativas a proteção da qualidade do recurso hídrico subterrâneo na rotina de controle de poluição efetuado pela CETESB, associada aos projetos em desenvolvimento no momento demonstram que existe atualmente, uma tendência evidente para a proteção da qualidade deste importante recurso hídrico no Estado de São Paulo.

No universo industrial, muitos produtos químicos, efluentes e resíduos perigosos são manuseados e gerados diariamente. Para estes, as legislações e normas ambientais nacionais, e internacionais definem padrões ambientais locais, e de segurança, proteção, destinação, transporte e gerenciamento, exigentes e importantes.

As indústrias que não se enquadram nessas exigências convivem com dificuldades, pagando multas com prejuízos financeiros além da possibilidade de causarem danos ambientais irreversíveis ou de elevado custo para sua solução. Nesse contexto, um recurso de importância vital para própria indústria, é sem dúvida as águas subterrâneas que atualmente é a fonte de abastecimento preferida em função de sua qualidade, disponibilidade e baixo custo de exploração.

## **SITUAÇÃO DA FONTE POTENCIAL DE POLUIÇÃO INDUSTRIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Atualmente a CETESB está efetuando sua ação, através dos Planos de Ação de Controle (PAC), sendo um instrumento de planejamento de cada Regional, que junto com os parâmetros de avaliação de desempenho, permitirão uma análise qualitativa dos resultados afim de atingir as metas ambientais e operacionais.

Os PAC's, possuem como prioritariedade, as demandas locais, corporativas e externas. Destas, as demandas de caráter local são relacionadas diretamente com as fontes de elevado potencial poluidor onde se destacam, lixo urbano e de saúde, esgoto, mineração, áreas contaminadas, usinas de açúcar e álcool, indústrias de defensivos agrícolas, indústrias de cimento, indústrias prioritárias e de poluentes tóxicos, das quais a grande maioria são fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas.

Desta forma, as unidades regionais, através de suas ações corretivas e preventivas, definem de forma descentralizada as prioridades em seus PAC's locais, atuando e gerando informações como as apresentadas na Tabela 1, que mostra a totalização das atividades das indústrias cadastradas por regional.

Nesta tabela estão representadas as seguintes atividades industriais: 0 – Extrativas, 10 – Minerais não Metálicos, 11 – Metalúrgica, 12 – Mecânica, 13 – Material Elétrico, 14 – Material de Transporte, 15 – Madeira, 16 – Mobiliário, 17 – Papel e Papelão, 18 – Borracha, 19 – Couro e Peles, 20 – Química, 21 – Produtos Farmacêuticos, 22 – Perfumaria e Sabões, 23 – Produtos Matérias Plásticas, 24 – Têxtil, 25 – Calçados e Artefatos Tecidos, 26 – Produtos Alimentares, 27 – Bebidas, 28 – Fumo, 29 – Editorial e Gráfica, 30 – Diversos.

Considerando o grande número de indústrias para a fiscalização e controle a CETESB definiu como atividade industrial prioritária, empreendimentos que: gerem cargas poluidoras das águas pertencentes a faixa de 85% da carga remanescente acumulada; emitam na atmosfera, carga de material particulado inclusas na faixa de 85% da carga remanescente acumulada; gerem resíduos sólidos classe I e/ou classe II acima de 5000 Kg/mês e/ou gerem reclamações repetitivas.

Os meios ambientais controlados são, o ar, a água (superficial e subterrânea) e o solo. São fontes de elevado potencial poluidor para solos e águas subterrâneas, os lançamentos e irrigação de efluentes líquidos das atividades industriais químicas (20), usinas de açúcar (26) destilarias de álcool (20), cítricas (26), curtumes (19), matadouros, frigoríficos e laticínios (26) e beneficiamento de latex (18), e o armazenamento e destinação inadequadas de resíduos sólidos industriais classe I, das atividades, metalúrgica (11), mecânica (12) e curtume (19) e classe II, principalmente metalúrgicas (11).

**Tabela 1. Totalização Atividades Indústrias Cadastradas por Agência e Regional**

<b>Agência / Tipo de Atividade</b>	<b>Total</b>	<b>00</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Agência Ambiental de Santos	1732	164	289	281	36	40	53	112	141	22	11	4
Agência Ambiental de Cubatão	80	11	13	9	5		1	1		1	3	
<b>Regional da Bacia da Baixada Santista</b>	<b>1812</b>	<b>175</b>	<b>302</b>	<b>290</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>113</b>	<b>141</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>4</b>
Agência Ambiental de Pinheiros	10844	7	221	1037	749	1314	236	168	519	166	83	74
Agência Ambiental de Santana	7380	21	322	1259	697	580	258	205	413	206	165	49
Agência Ambiental de Santo Amaro	5965	43	240	877	671	933	213	117	272	122	74	13
Agência Ambiental do Tatuapé	12294	7	386	2467	941	763	363	210	632	262	211	69
<b>Regional da Bacia do Alto Tietê I</b>	<b>36483</b>	<b>78</b>	<b>1471</b>	<b>5640</b>	<b>3058</b>	<b>3590</b>	<b>1070</b>	<b>700</b>	<b>1836</b>	<b>756</b>	<b>533</b>	<b>205</b>
Agência Ambiental de Guarulhos	2996	35	220	655	274	143	155	53	118	104	84	8
Agência Ambiental de Mogi das Cruzes	2125	176	237	421	123	85	72	70	122	74	36	18
Agência Ambiental de Osasco	3501	40	308	611	338	300	103	79	182	109	61	9
Agência Ambiental de Santo André	7503	29	350	1574	990	442	310	170	623	143	158	22
<b>Regional da Bacia do Alto Tietê II</b>	<b>16125</b>	<b>280</b>	<b>2586</b>	<b>3261</b>	<b>1725</b>	<b>970</b>	<b>640</b>	<b>372</b>	<b>1045</b>	<b>430</b>	<b>339</b>	<b>57</b>
Agência Amb. de São José Rio Preto	1904	38	76	255	98	55	44	53	391	12	33	37
Agência Ambiental de Barretos	277	15	26	41	13	3	9	15	11		6	4
Agência Ambiental Franca	1045	17	45	56	34	6	5	25	13	10	35	61
Agência Ambiental de Pirassununga	2567	164	540	268	155	66	39	112	155	53	22	19
Agência Ambiental de Ribeirão Preto	2333	153	335	295	165	71	60	61	122	25	48	25
<b>Regional da Bacia do Rio Grande</b>	<b>8126</b>	<b>387</b>	<b>3608</b>	<b>915</b>	<b>465</b>	<b>201</b>	<b>157</b>	<b>266</b>	<b>692</b>	<b>100</b>	<b>144</b>	<b>146</b>
Agência Ambiental de Araraquara	1184	71	112	156	125	35	18	66	44	13	12	15
Agência Ambiental de Bauru	2212	49	237	258	93	71	35	135	108	54	22	78
Agência Ambiental de Marília	1765	55	187	190	96	19	26	104	117	17	30	22
Agência Ambiental de Pres. Prudente	1378	32	302	125	20	24	16	43	112	10	17	33
Agência Amb. da Bacia do Baixo Tietê	1188	39	172	90	28	11	16	43	103	24	14	23
<b>Regional da Bacia do Rio Paraná</b>	<b>7727</b>	<b>246</b>	<b>4618</b>	<b>819</b>	<b>362</b>	<b>160</b>	<b>111</b>	<b>391</b>	<b>484</b>	<b>118</b>	<b>95</b>	<b>171</b>
Agência Ambiental de Americana	1536	4	52	145	112	30	7	26	33	28	9	3
Agência Ambiental de Campinas	5292	174	676	575	422	283	120	169	288	94	74	33
Agência Ambiental de Jundiá	1578	49	166	221	230	95	49	59	54	26	17	9
Agência Ambiental de Limeira	907	22	68	183	129	25	38	37	52	31	7	9
Agência Ambiental de Piracicaba	1578	104	186	268	233	45	20	49	43	21	19	13
<b>Regional da Bacia do Rio Piracicaba</b>	<b>10891</b>	<b>353</b>	<b>5766</b>	<b>1392</b>	<b>1126</b>	<b>478</b>	<b>234</b>	<b>340</b>	<b>470</b>	<b>200</b>	<b>126</b>	<b>67</b>
Agência Ambiental de Aparecida	447	44	47	47	13	6	4	20	11	13	10	2
Agência Ambiental Jacareí	296	38	45	41	21	5	7	12	6	5	3	3
Agência Ambiental de Taubaté	1383	225	184	152	117	87	37	71	28	12	15	7
Agência Ambiental de Ubatuba	249	91	79	11			6	14	13			
<b>Reg. das Bacias do Paraíba do Sul e Litoral Norte</b>	<b>2375</b>	<b>398</b>	<b>6121</b>	<b>251</b>	<b>151</b>	<b>98</b>	<b>54</b>	<b>117</b>	<b>58</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>12</b>
Agência Ambiental de Sorocaba	3986	363	527	469	268	169	72	347	113	70	60	31
<b>Reg. das Bacias de Sorocaba, Alto Paranapanema</b>	<b>3986</b>	<b>363</b>	<b>6648</b>	<b>469</b>	<b>268</b>	<b>169</b>	<b>72</b>	<b>347</b>	<b>113</b>	<b>70</b>	<b>60</b>	<b>31</b>
<b>Diretoria de Controle de Poluição Ambiental</b>	<b>87525</b>	<b>2280</b>	<b>6648</b>	<b>13037</b>	<b>7196</b>	<b>5706</b>	<b>2392</b>	<b>2646</b>	<b>4839</b>	<b>1727</b>	<b>1339</b>	<b>693</b>

**Tabela 1. Totalização Atividades Indústrias Cadastradas por Agência e Regional (Continuação)**

<b>Agências / Tipo de Atividade</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Agência Ambiental de Santos	85	4	13	36	10	82	253	10		51	35
Agência Ambiental de Cubatã	28	1				1	2			2	2
<b>Regional da Bacia da Baixada Santista</b>	<b>113</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>83</b>	<b>255</b>	<b>10</b>		<b>53</b>	<b>37</b>
Agência Ambiental de Pinheiros	243	135	191	616	437	2170	417	12	1	1001	1047
Agência Ambiental de Santana	209	28	187	752	252	605	282	15	3	414	458
Agência Ambiental de Santo Amaro	278	105	182	591	80	226	186	19		282	441
Agência Ambiental do Tatuapé	205	30	169	1017	592	2148	422	7	2	612	779
<b>Regional da Bacia do Alto Tietê I</b>	<b>935</b>	<b>298</b>	<b>729</b>	<b>2976</b>	<b>1361</b>	<b>5149</b>	<b>1307</b>	<b>53</b>	<b>6</b>	<b>2309</b>	<b>2725</b>
Agência Ambiental de Guarulhos	232	13	47	331	132	84	111	14		80	103
Agência Ambiental de Mogi das Cruzes	121	8	18	140	97	49	106	28	1	46	77
Agência Ambiental de Osasco	223	50	94	369	82	130	148	15	3	128	119
Agência Ambiental de Santo André	465	29	125	856	130	201	297	10	1	291	287
<b>Regional da Bacia do Alto Tietê II</b>	<b>1041</b>	<b>100</b>	<b>284</b>	<b>1696</b>	<b>441</b>	<b>464</b>	<b>662</b>	<b>67</b>	<b>5</b>	<b>545</b>	<b>586</b>
Agência Amb. de São José Rio Preto	57	13	37	39	28	56	443	51	1	41	46
Agência Ambiental de Barretos	15	1	1	8	3	12	64	5		7	18
Agência Ambiental Franca	29		2	11	7	576	86	13		6	8
Agência Ambiental de Pirassununga	89	11	23	66	60	131	361	105		60	68
Agência Ambiental de Ribeirão Preto	147	17	29	69	20	90	331	80		80	110
<b>Regional da Bacia do Rio Grande</b>	<b>337</b>	<b>42</b>	<b>92</b>	<b>193</b>	<b>118</b>	<b>865</b>	<b>1285</b>	<b>254</b>	<b>1</b>	<b>194</b>	<b>250</b>
Agência Ambiental de Araraquara	43	3	7	49	42	39	220	35	2	31	46
Agência Ambiental de Bauru	80	6	20	72	27	394	281	61	2	52	77
Agência Ambiental de Marília	40	8	39	56	15	101	479	50		51	63
Agência Ambiental de Pres. Prudente	44	5	24	23	13	100	333	21	1	34	46
Agência Amb. da Bacia do Baixo Tietê	28	4	14	13	17	230	252	23	2	27	15
<b>Regional da Bacia do Rio Paraná</b>	<b>235</b>	<b>26</b>	<b>104</b>	<b>213</b>	<b>114</b>	<b>864</b>	<b>1565</b>	<b>190</b>	<b>7</b>	<b>195</b>	<b>247</b>
Agência Ambiental de Americana	25	2	5	57	810	92	26	4		35	31
Agência Ambiental de Campinas	291	57	91	299	221	327	469	124	1	179	325
Agência Ambiental de Jundiaí	128	8	22	69	68	54	116	36		61	41
Agência Ambiental de Limeira	19	2	4	16	11	17	46	10		18	163
Agência Ambiental de Piracicaba	75	2	19	57	19	57	160	50		38	100
<b>Regional da Bacia do Rio Piracicaba</b>	<b>538</b>	<b>71</b>	<b>141</b>	<b>498</b>	<b>1129</b>	<b>547</b>	<b>817</b>	<b>224</b>	<b>1</b>	<b>331</b>	<b>660</b>
Agência Ambiental de Aparecida	40	1	11	35	10	6	70	28		14	15
Agência Ambiental Jacareí	21		2	2	16	22	21	16		4	6
Agência Ambiental de Taubaté	54	9	10	60	22	34	115	49		42	53
Agência Ambiental de Ubatuba	3	2		3	1	1	16	3		5	1
<b>Reg. das Bacias do Paraíba do Sul e Litoral Norte</b>	<b>118</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>49</b>	<b>63</b>	<b>222</b>	<b>96</b>		<b>65</b>	<b>75</b>
Agência Ambiental de Sorocaba	210	17	44	198	135	93	528	105	1	79	87
Reg. das Bacias de Sorocaba, Alto Paranapanema	210	17	44	198	135	93	528	105	1	79	87
Diretoria de Controle de Poluição Ambiental	3527	571	1430	5910	3357	8128	6641	999	21	3771	4667

Outra fonte de poluição das águas subterrâneas indiretamente associada à atividade industrial são as áreas suspeitas de contaminação que incluem áreas de disposição de resíduos sólidos (aterros e lixões) e áreas localizadas na propriedade das indústrias onde ocorrem disposição e/ou vazamento de resíduos, efluentes ou produtos.

## **SITUAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

De acordo com o decreto 32.955 (São Paulo, 1991), cabe à CETESB prevenir e controlar a poluição das águas subterrâneas. No momento, o principal decreto estadual sobre prevenção e controle de poluição (Decreto 8468/76), está sendo revisado e foi inserido um capítulo sobre águas subterrâneas, onde é determinado que, caberá à CETESB estabelecer os padrões de qualidade e os critérios para proteção de aquíferos.

Considerando a questão da proteção da qualidade das águas subterrâneas como atribuição legal do controle de poluição, faz-se necessária a adoção, pela CETESB, de uma estratégia de gestão para o Estado de São Paulo, visando não somente áreas a proteger, mas também, o controle das áreas já poluídas. Vários trabalhos estão sendo desenvolvidos no sentido de subsidiar o gerenciamento integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

## **USO E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A CETESB efetuou um levantamento do uso das águas subterrâneas para o abastecimento público, com o objetivo de retratar a importância deste recurso hídrico no Estado. Verificou-se que, em 1997, 71,6% dos municípios são total ou parcialmente abastecidos por água subterrânea, totalizando um volume explorado de 1.105.065 m<sup>3</sup>/dia e 5.525.340 habitantes abastecidos (CETESB, 1997).

Outra atividade importante, que teve início em 1990, é a formação de uma rede de monitoramento de poços tubulares profundos de abastecimento público dos principais aquíferos do Estado, para caracterizar e avaliar as condições de qualidade das águas subterrâneas. Em 1997, iniciou-se uma rede de monitoramento abrangendo os poços tubulares em áreas industriais (CETESB, 1996).

Em relação à qualidade física e química, as águas subterrâneas dos principais sistemas aquíferos do Estado, são ainda de excelente qualidade em relação aos padrões de potabilidade. Em alguns poços, foi possível detectar indícios de contaminação para os parâmetros nitrato e coliformes. Foi também detectada a presença de cromo total, cuja a

origem deve ser investigada, uma vez que pode estar associada aos processos de dissolução da formação geológica ou à fontes de poluição.

Para a preparação do diagnóstico de qualidade ambiental, estamos consolidando um banco de dados sendo que para as águas subterrâneas temos informações sobre a qualidade das águas nos principais sistemas aquíferos, sua vulnerabilidade e sua classificação em termos de classe de água.

Para cada ponto de amostragem (poço de abastecimento público), temos um código de caracterização do ponto que discrimina a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídrico (UGRH1) a que pertence o município de acordo com o código do IBGE, sistema aquífero e profundidade.

A importância das reservas de águas subterrâneas, tanto em termos qualitativos quanto em seu uso potencial, constituem fatores que devem ser levados em consideração para adoção de medidas preventivas com vistas ao uso e proteção de águas subterrâneas. Um sistema de classificação das águas subterrâneas, foi proposto, baseado nas diretrizes estabelecidas pela EPA (US-EPA, 1986), considerando-se a interação de critério de qualidade e vulnerabilidade conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2 – Classes das Águas Subterrâneas.**

<b>Código de Classe</b>	<b>Características Básicas da Classe – Descrição Sucinta</b>	<b>Nível de Restrição Descrição</b>
20	Excelente Qualidade/Vulnerabilidade alta	Alta restrição
21	Excelente-Boa Qualidade / Vulnerabilidade Média	Regular
22	Boa Qualidade / Vulnerabilidade Baixa	Média
23	Sólidos Totais Dissolvidos < 10.000 mg/L	Pouca
24	Sólidos Totais Dissolvidos > 10.000 mg/L	Mínima

## **VULNERABILIDADE**

A vulnerabilidade de um aquífero significa sua maior ou menor suscetibilidade de ser atingido por uma carga contaminante. A caracterização da vulnerabilidade pode ser expressa pela não acessibilidade da zona saturada à penetração do poluente e da



possibilidade de atenuação do mesmo. Estes fatores naturais estão em interação com a carga potencial poluidora, através de sua disposição no solo e/ou sub-superfície.

O conceito de carga potencial poluidora permite inferir qual atividade antrópica que pode gerar ou causar uma contaminação, alterando a qualidade das águas subterrâneas. O risco de contaminação portanto, está associado à diferentes fontes potenciais de poluição, como industrial, disposição de resíduos em aterros ou lixões, atividades de mineração, eventos de vazamento em postos de serviço e áreas contaminadas. Estas fontes são levantadas, localizadas e classificadas em relação ao potencial de poluição.

O levantamento e classificação de indústrias, é efetuado considerando-se as indústrias que: armazenam ou manuseiam produtos ou substâncias corrosivas ou tóxicas, tal como descrito na NBR 10.004 (ABNT, 1987); geram resíduos perigosos de acordo com a NRB 10.004; infiltram resíduos no solo; e armazenam e/ou dispõem inadequadamente, sobre o solo, resíduos classe II em quantidade superior à 100 toneladas por mês.

Com base nos dados de produção, tipo de matéria prima, natureza e quantidade de resíduos gerados, forma de estocagem e disposição final de resíduos sólidos e efluentes líquidos, as indústrias são classificadas de acordo com seu potencial de geração de carga poluidora em elevado, moderado ou reduzido.

Com base no levantamento da carga poluidora e no mapeamento de vulnerabilidade natural, determinam-se as áreas críticas onde deverão ser tomadas medidas de prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

Para o estabelecimento de prioridades de ações de prevenção, a CETESB publicou, em parceria com outros órgãos, o mapeamento da vulnerabilidade ao risco de poluição das águas subterrâneas, em escala 1:1.000.000, para identificar as áreas mais vulneráveis e as atividades com maior potencial poluidor do Estado. Foram identificados 6 áreas críticas, sendo as atividades da indústria química, mecânica, metalúrgica e curtume, classificadas como de elevado potencial poluidor (IG, CETESB e DAEE, 1997). Em 1996, foi iniciada a elaboração de mapas em uma das áreas críticas, em escala local 1:50.000.

## **PADRÕES DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE E VALORES DE INTERVENÇÃO**

Após avaliação e comparação entre várias legislações para solos e águas subterrâneas, e entre as metodologias para derivação de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção, selecionou-se como base a metodologia holandesa associada as metodologias da EPA do Canadá e da Alemanha adaptando-as as ações de controle da CETESB, estabelecendo assim o sistema RAI.

O sistema RAI é constituído pelo Padrão de Referência de Qualidade (R), o Valor de Alerta (A) e o Valor de Intervenção (I).

O padrão de referência de qualidade indica o nível de qualidade do solo limpo e das águas subterrâneas naturais. Para o solo, estes padrões estão sendo estabelecidos através da análise química e física dos principais tipos de solos do Estado, para a determinação das concentrações dos elementos naturalmente presentes correlacionados com as porcentagens de matéria orgânica, porcentagem de argila, capacidade efetiva de troca de cátions, pH e óxido de ferro, manganês e alumínio. Para a água subterrânea padrões de qualidade serão derivados considerando-se os padrões de potabilidade e o monitoramento de poços tubulares profundos dos diferentes sistemas aquíferos. Teores naturais elevados (acima dos padrões de potabilidade) para ferro e cromo, tem sido encontrados nas águas subterrâneas do Estado (CETESB, 1996).

Para as substâncias, que não existem naturalmente no solo, compostos orgânicos antropogênicos, os valores de referência serão estabelecidos como sendo o limite de detecção do método analítico adotado utilizando-se a melhor tecnologia disponível. Para as águas subterrâneas serão também considerados os padrões de potabilidade.

No gerenciamento pela agência ambiental, das áreas contaminadas, faz se necessária a definição de valores limites de contaminantes nos solos e águas subterrâneas denominado valores de intervenção, como um instrumento de suporte à decisão sobre a necessidade e urgência de intervenção na área (isolamento, contenção e/ou remediação). Estes valores limites, juntamente com os valores alvo de remediação, compõem os valores orientadores para subsidiar as ações de controle.

O valor de intervenção indica o nível de contaminação acima do qual existe risco a saúde pública, requerendo uma intervenção na área.

O modelo matemático de avaliação de risco C-Soil, está sendo utilizado pela CETESB, para o estabelecimento dos valores de intervenção de contaminantes em solos e águas subterrâneas. Este é um modelo de exposição humana, constituído de fórmulas que determinam a quantidade do contaminante ingerida pelo homem através de diferentes vias de exposição.

Baseado em levantamentos bibliográficos, em estudos de avaliação de risco desenvolvidos no Brasil e em outros países, foram quantificadas as variáveis da população e do tempo de permanência na área contaminada, que formam a base no modelo C-Soil para o cálculo da exposição e do risco à saúde pública, através das vias de

ingestão de água, solo, tubérculos, folhas e frutas; inalação de material particulado e vapores e contato dermal (CAPELETI **et al**, 1998).

Para a simulação do risco e adequação do modelo às condições do Estado de São Paulo, foram estabelecidos quatro cenários de uso e ocupação do solo: industrial, residencial, agrícola e área de proteção máxima.

Para compostos não-carcinogênicos, está se admitindo um risco máximo que é a ingestão diária tolerável (TDI), enquanto que para compostos carcinogênicos admitiu-se um risco de câncer de  $10^{-4}$ , ou seja, a possibilidade de ocorrer um caso adicional de câncer em cada 10.000 pessoas (DIAS **et al**, 1998).

Este modelo possui um banco de dados sobre as propriedades físicas, químicas e toxicológicas dos contaminantes e calcula o valor de intervenção, como sendo a concentração de contaminante no solo ou na água subterrânea, onde o quociente entre os valores do risco máximo (TDI ou  $10^{-4}$ ) e a exposição (quantidade de contaminante absorvida) é igual um (1).

O modelo C-Soil pode ser também utilizado para avaliações de risco caso-a-caso utilizando-se dados específicos de caracterização e contaminação da área, estabelecendo a urgência, as vias de exposição prioritárias e a meta de remediação.

A figura 1 mostra o fluxograma sobre o gerenciamento de qualidade e contaminação de solo e água subterrânea, onde destaca-se a utilização dos padrões e valores orientadores.

## **CONCLUSÕES**

Atualmente a situação das águas subterrâneas no Estado mostra um quadro otimista sem problemas globais sobre a qualidade e quantidade deste recurso, entretanto é evidente em algumas situações, locais com indícios de contaminação.

É evidente que o setor de irrigação e industrial são usuários do recurso hídrico subterrâneo que competem com o abastecimento público que é obviamente considerada a demanda mais nobre deste recurso. Por outro lado, as fontes potenciais de poluição do recurso hídrico subterrâneo, inclui tanto fontes industriais como municipais, sendo que as substâncias tóxicas e perigosas que possuem um risco à saúde pública freqüentemente são mais associadas à fonte industrial.

O público usuário do recurso hídrico subterrâneo, está a cada dia mais consciente de que o conceito de disposição no solo é irrealístico em relação à qualidade das águas

subterrâneas, considerando-se que em todo aterro ocorre lixiviação e em face aos elevados custos de remediação, mudanças de atitudes começam a ocorrer. Por outro lado, uma política de gestão do recurso hídrico subterrâneo deve estabelecer padrões de qualidade e diretrizes para remediação, definir áreas vulneráveis a proteger, estabelecer classes de águas para os sistemas aquíferos importantes para o abastecimento público, possibilitando a atividade industrial de forma segura e sustentável.

O entendimento dos princípios básicos da proteção do solo e das águas subterrâneas está relativamente bem consolidado, entretanto nossas habilidades técnicas para resolver problemas complexos locais é limitada.

As pesquisas neste campo necessitam cruzar as fronteiras das formações individuais (hidrogeólogo, engenheiro e microbiólogo), e interagir com os clientes como os gerentes ambientais do setor industrial, setor municipal e agrícola afim de se definir um contexto prático para o desenvolvimento de pesquisas e um entendimento maior da natureza e complexidade do recurso hídrico subterrâneo.

Esta é a única maneira de positivamente influenciar, por um longo prazo, as atitudes dos vários interessados (stakeholders) envolvidos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos: classificação.**

Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 63p. (NBR 10.004)

CAPELETI, A.R.; LEMOS, M.M.G.; DIAS, C.L., CASARINI, D.C.P. Quantificação das variáveis para cálculo da exposição populacional utilizando o modelo de avaliação de risco C-Soil para gerenciamento de qualidade de solos e águas subterrâneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 10, ABAS, São Paulo, SP, set. 1998.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo – 1994.** São Paulo: CETESB, 1996. 95p.

CETESB. **Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 1997a. 48 p.

CETESB. **Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 1997b. 110p.

DIAS, C.L.; LEMOS, M.M.G.; CAPELETI, A.R.; CASARINI, D.C.P. Derivação de valores de intervenção para chumbo, benzeno e tetracloroetileno, utilizando o modelo de

avaliação de risco C-Soil, para controle da contaminação de solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 10, ABAS, São Paulo, SP, set. 1998.

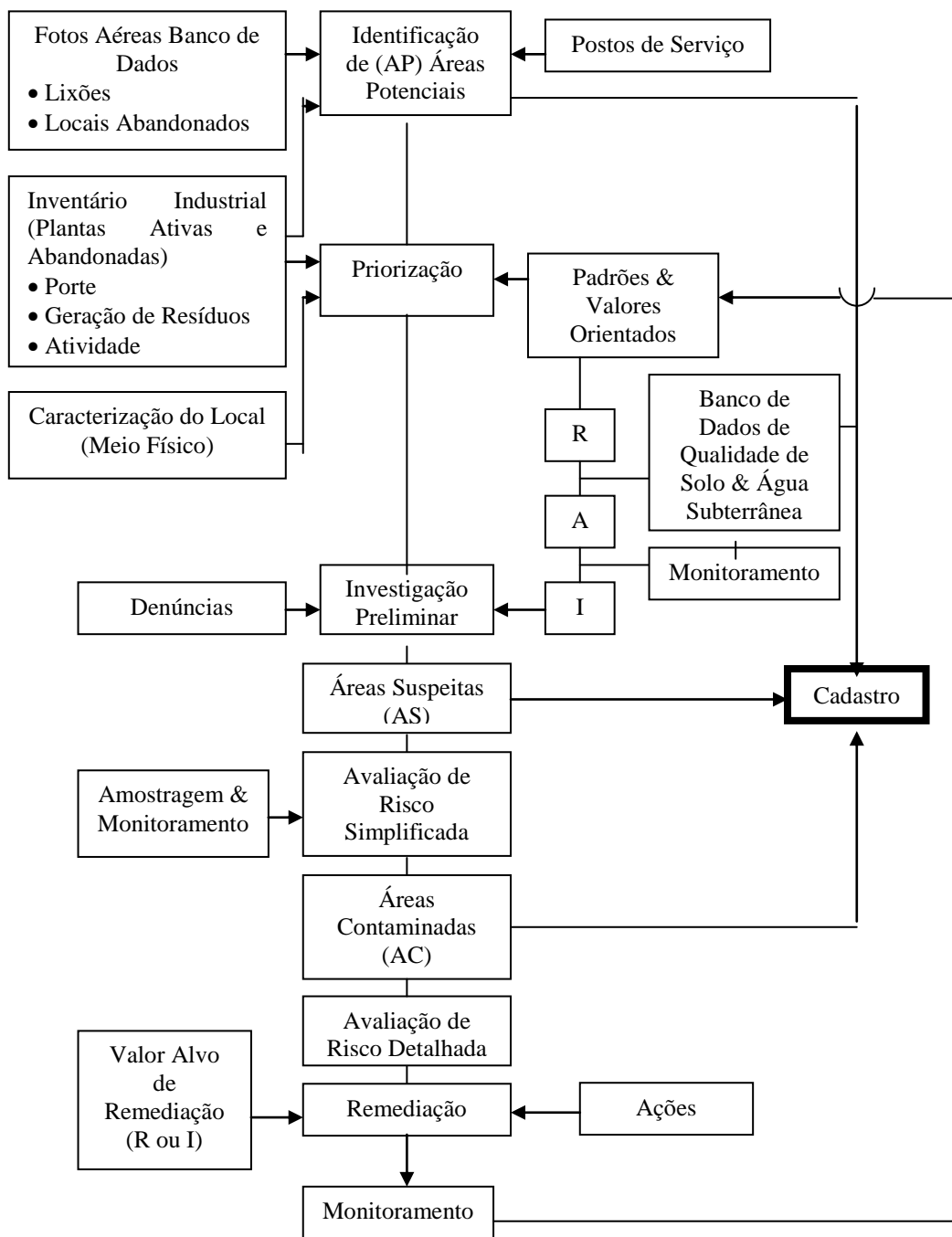
IG/CETESB/DAEE. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** IG; CETESB, 1997. 129p.

São Paulo. Lei Estadual Nº997 de 31.05.76. Dispõe sobre o controle da poluição no meio ambiente. 1976a.

São Paulo. Decreto Estadual Nº8468 de 08.09.76. Aprova o regulamento da Lei Nº997. 1976b.

São Paulo. Decreto Estadual Nº32955 de 07.02.91. Regulamenta da Lei Nº6.134. 1991.

US-EPA (Estados Unidos). **Guidelines for groundwater. Classification under the EPA groundwater protection strategy.** Washington, DC: EPA 1986. 137p.



**Figura 1:** Fluxograma sobre o gerenciamento da qualidade e contaminação de solo e água subterrânea.