INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE
POÇOS TUBULARES, POR COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, NO
MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ, SÃO PAULO: UMA
CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO AMBIENTAL**

ANA COPAT MINDRISZ

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de Tecnologia
Nuclear – Materiais.

Orientadora:

Dra. Maria Aparecida Faustino Pires

SÃO PAULO

2006

“A água é o constituinte mais característico da Terra. Ingrediente essencial da vida, a água é talvez o recurso mais precioso que a terra fornece à humanidade. Embora se observe pelos países mundo afora tanta negligência e tanta falta de visão com relação a este recurso, é de se esperar que os seres humanos tenham pela água grande respeito, que procurem manter seus reservatórios naturais e salvaguardar sua pureza. De fato, o futuro da espécie humana e de muitas outras espécies pode ficar comprometido a menos que haja uma melhora significativa na administração dos recursos hídricos terrestres.”

(J.W.Maurits la Rivière, Delft University of Technology, Holanda)

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Prof. Dra. Maria Aparecida Faustino pela orientação, confiança, compreensão e amizade.

Ao meu esposo Mauricio Mindrisz e meu filho Jonas Copat Mindrisz, pelo incentivo e compreensão de ambos. Agradeço ainda ao Mauricio pela sugestão de localizar o estudo no município de Santo André.

A querida Ester Mindrisz (ז"ר) ("zichrona lebrachá" – de abençoada lembrança), a grande incentivadora deste trabalho.

Aos meus pais, José Copat (ז"ר) ("zichrono lebrachá" – de abençoada lembrança) e Dora Copat meus agradecimentos, por ser quem sou.

Aos meus irmãos, Jaime e Alberto, pela alegria de tê-los ao meu lado, sempre.

A querida Andréia Fichmann.

Dedico este trabalho com todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN e ao Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao Serviço de Saneamento Ambiental de Santo André - SEMASA e Prefeitura Municipal de Santo André pela parceria e o auxílio para desenvolver o trabalho no município de Santo André.

Ao Dr. Sebastião Ney Vaz Junior, diretor superintendente do SEMASA pelo seu apoio na realização deste trabalho.

A toda equipe do SEMASA, em particular aos Eng. Milton Josef, Eng. Reinaldo Esteves de Mendonça e Eng. Gabriela Priolli de Oliveira. Ao Químico Osmar Camilo de Souza e Washington de Araujo pela ajuda para recolher as amostras e análise bacteriológico e físico-químico. A Marcos Aurélio de Araujo Gomes e Peter de Souza Teixeira pelo apoio na plotagem dos poços artesianos e postos de combustíveis do Departamento de Gestão Ambiental.

Ao pessoal da Prefeitura de Santo André, que tanto me ajudou. Representando todos eles cito a Dra. Rosana Denaldi e o Sociólogo Ronaldo Tadeu de Paula.

A Sra. Seica Ono do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) pelas informações fornecidas sobre poços artesianos cadastrados no município de Santo André.

Ao Sr. Heitor Maruno da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) da Agência Ambiental de Santo André por algumas informações obtidas sobre postos de gasolina.

Ao Dr. Paulo Ernesto de Oliveira Lainetti pela amizade e o incentivo a realização deste trabalho.

Ao Dr. Jorge Moreira Vaz pela orientação e acompanhamento na realização das análises dos BTEX por cromatografia gasosa com purgue & trap.

A Dra. Marycel Elena Barboza Cotrim, Dra. Elizabeth Sonoda Keiko Dantas, Dra. Tânia Grigoletto, Elias Santana da Silveira, pela realização das amostras de metais e elemento traço, micro e macro constituintes por espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma de argônio induzido e espectrometria de absorção atômica.

A Cristina Sisti pela realização das análises dos analitos fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato por cromatografia de íons.

Aos Dr. Hélio Akira Furusawa e Dra. Celina Lopes Duarte valiosas sugestões durante o transcorrer do trabalho.

A Dra. Christina Forbicini, Dra. Sonia Lucia Baldochi e Dr. José Roberto Martinelli coordenadores do seminário de área pela compreensão e amizade.

Aos amigos Dra. Maria Claudia França da Cunha Felinto, Dr. Hélio Fernando Rodrigues Ferreto, Dra. Ruth Luquese Camilo, pela inestimável ajuda durante a realização desta tese.

Para todas as pessoas que compartilharam comigo as alegrias e desafios desta etapa da minha vida. Agradeço com muito carinho.

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE POÇOS TUBULARES POR COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, NO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ, SÃO PAULO: UMA CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO AMBIENTAL

ANA COPAT MINDRISZ

RESUMO

A contaminação de águas subterrâneas por hidrocarbonetos provenientes de postos de abastecimento de combustível tem sido objeto de crescente preocupação dos organismos ambientais de todo o mundo. Os compostos **Benzeno**, **Tolueno**, **Etilbenzeno** e **Xilenos (BTEX)**, presentes nesses combustíveis, são extremamente tóxicos à saúde humana e podem inviabilizar a exploração de aquíferos por eles contaminados e conseqüentemente os poços utilizados para abastecimento. Neste trabalho, foi realizado um diagnóstico da qualidade da água, com informações e análises, com o objetivo de retratar a situação dos poços artesianos destinados ao abastecimento de água, doméstico e comercial, na área urbana do município de Santo André, São Paulo. Foram avaliadas a presença dos micro poluentes BTEX, após a ocorrência de vazamentos de gasolina de tanques de armazenamento de combustível próximos a estes poços, em diferentes locais do município. Foram avaliados também parâmetros físico-químicos (cor, turbidez e cloro residual) bem como os elementos-traço, metais e os ânions fluoreto, sulfato, cloreto, nitrato e fosfato, como também os bacteriológicos (coliformes totais e termotolerantes, bactérias heterotróficas). Na definição dos locais amostrados, procurou-se primeiramente avaliar a série histórica de contaminação ambiental por postos de gasolina, avaliando o conjunto de informações do órgão ambiental do Estado e a representatividade espacial do problema. Para gerenciamento da qualidade da água subterrânea foi adotada a metodologia utilizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), sendo realizado uma identificação prévia de Áreas Potenciais (AP) de contaminação, organizando um banco de dados sobre lixões e locais abandonados; cadastramento dos postos de serviço e poços utilizados pela população e inventário industrial com plantas ativas e abandonadas, levando-se em consideração o porte e a geração de resíduos (com o SEMASA), dessa forma priorizando os locais de monitoramento.

Foi feito um cadastro dos locais e realizada uma investigação preliminar das áreas suspeitas. A amostragem e o monitoramento foram realizados e os resultados foram comparados com os valores orientadores para água subterrânea estabelecidos pela CETESB. Os resultados mostraram que nos doze poços avaliados, não foram encontrados valores de BTEX acima do permitido pela Portaria 518/2004 do Ministério de Saúde, em que o teor máximo permitido para o benzeno é de $5 \mu\text{g L}^{-1}$. Foi observado que em três poços há contaminação por nitrato, que é responsável pela indução da metaemoglobinemia. Foram avaliados também os possíveis processos ou mecanismos de remediação natural (biodegradação) ou induzida.

**EVALUATION OF UNDERGROUND WATER CONTAMINATION OF
TUBULAR WELLS, BY FUELS OIL IN SANTO ANDRÉ CITY, SÃO PAULO
STATE: A CONTRIBUTION TO THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT**

ANA COPAT MINDRISZ

ABSTRACT

The contamination of underground waters by hydrocarbons originated from gas stations has been object of increasing preoccupation in environmental organization all over the world. The organic compounds **B**enzene, **T**oluene, **E**thylbenzene and **X**ylene (BTEX), present in these fuels, are extremely toxic to human health and could make impracticable the exploration of these contaminated waters by these kinds of pollutants and consequently the gasoline wells used for this purpose. In this work, it was carried out a diagnosis of the water quality with information and analyses, with the goals to snap shot the situation of the wells destined to domestic and commercial supply of water in the urban area of Santo André city, São Paulo state. There have been evaluated the presence of micron pollutants BTEX, after contamination due to leaks in fuel storage tanks close to the wells, in different places of the city. The physical chemistry parameters like color, turbidity and residual chlorine were also evaluated as well as trace elements, metals, anions like fluorine, sulphates, chlorine, nitrates and phosphates and bacteriological (total coliphorms, themostable coliphorms, heterotrophic bacterias). On definition of the sampling area, it was sought, at first, the evaluation of environmental contaminations historical series by gas stations, evaluating the set of information available at government environmental organizations and spacial representativity of the problem. For administration of the underground water quality it was adopted the methodology used by Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), being accomplished a previous identification of contaminated potencial areas and organizing a data base on landfills disposal and negleted places; registration of gas station services and, wells used by the population, industrial inventory with active and negleted maps taking into consideration the size and residues generation (such as SEMASA), prioritizing in this way the monitoring places. It was made registrations of places and preliminary

investigation of suspicious areas was accomplished. The sampling and monitoring were carried out and the results were compared with the standard values for underground water that are established by CETESB. The results showed that in the twelve wells evaluated were not found values of BTEX above the recommended by Law 518/2004 of the Health Ministry in which the allowed value for benzene is $5 \mu\text{g L}^{-1}$. It was observed that three of the twelve wells studied were contaminated with nitrate, which is responsible for Methemoglobinemia induction. They were appraised also the processes or mechanisms of natural (biodegradation) or induced remediation.

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	III
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	9
3 ASPECTOS RELEVANTES DO TRABALHO.....	10
4 ÁGUAS.....	13
4.1 Considerações Gerais.....	13
4.2 Águas Subterrâneas	15
4.2.1 Qualidade das Águas Subterrâneas.....	18
4.2.2 Aquíferos.....	19
4.2.2.1 Tipos de Aquíferos	20
4.2.3 Ocorrências no Brasil	23
4.3 Impactos Ambientais sobre os Aquíferos.....	25
4.4 Propriedades Físicas e Químicas das Águas Subterrâneas	25
5 CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS POR VAZAMENTO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS.....	29
5.1 Porque ocorrem os vazamentos nos postos de combustíveis	29
5.2 Contaminação proveniente de vazamentos de tanques de postos de combustíveis	30
5.3 Distribuição dos hidrocarbonetos no solo	31
5.3.1 Acidentes.....	37
6 PETRÓLEO	40
6.1 Gasolina	46
6.1.1 Denominação dos compostos orgânicos.....	46
6.1.2 Característica da gasolina	46
6.1.3 Propriedades físico-químicos dos hidrocarbonetos da gasolina	47
6.1.3.1 Solubidade aquosa	47
6.1.3.2 Pressão de vapor	47
6.1.3.3 Densidade	48
6.1.3.4 Viscosidade dinâmica	48

6.1.3.5	Coeficiente de partição	48
6.1.4	Etanol - Álcool Anidro	51
7	TOXICOLOGIA.....	56
8	REVISÃO SOBRE PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO	59
8.1	Remoção de Fase Livre de Hidrocarbonetos Leves.....	61
8.2	Biodegradabilidade: microorganismos capazes de utilizar hidrocarbonetos	62
8.3	Atenuação Natural	63
8.4	Extração de Vapores do Solo - Soil Vapor Extraction (EVS / SVE).....	65
8.5	Air Sparging	66
8.6	Bioventing	67
8.7	Biosparging.....	67
8.8	Biopilhas.....	68
8.9	Extração Multi-fase - Multiphase Extraction (MPE) ou Bioslurping.....	70
8.10	Barreiras reativas permeáveis (BRPs)	71
8.11	Pump-and-treat (bombeamento e tratamento).....	72
8.12	Processos de imobilização por solidificação ou encapsulamento ou vitrificação	72
8.13	Incineração	73
9	ASPECTOS LEGAIS RELATIVOS À ATIVIDADE DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS, À EXPLORAÇÃO DE POÇOS ARTESIANOS E USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	74
9.1	Aspectos legais relativos à atividade de postos e sistemas retalhistas de combustíveis	74
9.2	Aspectos legais sobre a transformação e ampliação das atribuições do órgão ambiental municipal de Santo André.....	77
9.3	Aspectos legais relativos à exploração de poços artesianos e usos das águas subterrâneas.....	78
10	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	81
10.1	Elementos Fisioclimáticos.....	84
10.2	Clima	84
10.2.1	Índice pluviométrico.....	85
10.3	Fisiografia	87
10.3.1	Vegetação	87
10.3.2	Hidrografia	89

10.4 Aspectos geológicos	92
10.4.1 Geomorfologia	92
10.4.2 Aspectos Hidrogeológicos.....	92
11 METODOLOGIA.....	96
11.1 Critérios para a escolha dos pontos de coleta de amostra de água	97
11.2 Monitoramento.....	98
11.3 Coleta, Preservação e Análise das Amostras de Água	99
11.4 Variáveis Estudadas.....	104
11.5 Equipamento e Materiais	106
11.6 Técnicas analítica utilizada	107
11.6.1 Determinação de BTEX em amostras de água	107
11.6.2 Determinação de metais e elementos – traço, micro e macro constituintes.....	111
11.6.3 Determinação dos analitos: fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato por cromatografia de íons (IC)	114
12 RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
12.1 Área de Estudo no município de Santo André.....	116
12.2 Avaliação da área de estudo	119
12.2.1 Cadastramento e adequação do banco de dados dos postos de combustíveis.....	120
12.2.2 Cadastramento e adequação do banco de dados dos poços tubulares.....	130
12.2.3 Representação fotográfica de alguns postos de gasolina que apresentaram contaminação e de alguns locais de coleta das amostras nos poços artesianos.....	137
12.3 Avaliação da qualidade das Águas Subterrâneas, no município de Santo André	141
12.3.1 Resultados da determinação de BTEX por Cromatografia Gasosa e Sistema de Purgue & Trap .	141
12.3.2 Determinação das Espécies Iônicas por Cromatografia de Íons.....	142
12.3.3 Resultado dos Parâmetros Bacteriológicos e Físico-Químicos	149
12.3.4 Avaliação de Metais e Elementos - Traço	151
12.3.5 Processos de remediações em andamento no município de Santo André.....	174
13 CONCLUSÕES	176
ANEXO I - BANCO DE DADOS DOS POSTOS DE GASOLINA DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ – ATUALIZADO 25/07/05.....	179
ANEXO II - POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ/ DAEE 2005(POÇOS COM MAIS INFORMAÇÕES), SEMASA 2002, VIGILÂNCIA SANITÁRIA/(VS) 2005 (ÚLTIMA ATUALIZAÇÃO JULHO 2005).....	202

ANEXO III – MAPAS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ COM A LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS ARTESIANOS....	
.....	219
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	222

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A distribuição relativa das águas no nosso planeta (modificado de Zimbres, 2000)...	14
FIGURA 2 - Porcentagem de uso das águas subterrâneas para abastecimento público por municípios do estado de São Paulo (modificado CETESB-B, 2004).....	16
FIGURA 3 - Caracterização esquemática das zonas não saturada, saturada, franja capilar no subsolo (Borguetti et al., 2004)	18
FIGURA 4 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).....	21
FIGURA 5 - Tipos de aquíferos quanto à pressão (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).....	22
FIGURA 6 - Representação esquemática das províncias hidrogeológicas do Brasil (Borguetti et al., 2004).....	24
FIGURA 7 – Representação esquemática dos principais aquíferos brasileiros (Borguetti et al., 2004).....	24
FIGURA 8 - Fenômenos que ocorrem após o derramamento de combustíveis, de um tanque de gasolina (Ferreira, 2000).	30
FIGURA 9 – Distribuição vertical das fases dos hidrocarbonetos	32
FIGURA 10 – Progressão do vazamento de hidrocarbonetos de tanques de abastecimento subterrâneos.....	35
FIGURA 11 - (a) Tanque sendo retirado de um posto de gasolina e 11 - (b) Tanques retirados dos postos de combustíveis após reforma e estocados em um pátio de uma distribuidora de combustíveis.....	38
FIGURA 12 - (a) - Apresenta a percentagem dos BTEX na gasolina e 12- (b) - A percentagem em peso: do benzeno, do etilbenzeno, do tolueno e dos xilenos na gasolina (API, 2003).....	49
FIGURA 13 – Localização do município Santo André ao lado da Capital do estado de São Paulo (SEMASA, 2004).	82
FIGURA 14 – Mapa com todos os municípios da RMSP, com destaque os 7 municípios do Grande ABC (PMSA, 2005).....	82
FIGURA 15 - Destaca os municípios que compõem o Grande ABC (PMSA, 2005).....	83
FIGURA 16 - Foto de uma Imagem de satélite mostrando a distribuição do uso e ocupação do solo do município de Santo André, com destaque da região urbana (rosa) e a região de proteção ambiental/mata Atlântica remanescente (verde) (Fonte: SEMASA, 2003).	83
FIGURA 17 - A distribuição da pluviosidade nas várias áreas do município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004).....	86
FIGURA 18 - A distribuição da cobertura vegetal no município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004)	88
FIGURA 19 - Hidrografia do município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004)	91
FIGURA 20 - Geologia da área estudada /região urbana (adaptado da SABESP/CEPAS 2003) ..	94

FIGURA 21 - Locais das coletas de amostras de água de poços tubulares no município de Santo André.	103
FIGURA 22 - Cromatogramas de uma solução aquosa contendo BTEX após pré-tratamento por P&T.....	110
FIGURA 23 - Mapa do município de Santo André apresentado a distribuição dos bairros	118
FIGURA 24 - Área que abrange os estudos no município de Santo André.	121
FIGURA 25- Apresenta os dados de um posto de gasolina que apresentou contaminação, no município de Santo André	128
FIGURA 26 - Localização dos postos de gasolina no município de Santo André.....	129
FIGURA 27 - Apresenta os dados de um posto de gasolina que não apresentou contaminação, no município de Santo André	130
FIGURA 28 – Localização dos poços tubulares no município de Santo André.....	133
FIGURA 29 – Localização dos poços artesianos e dos postos de combustíveis (contaminados e não contaminados).	134
FIGURA 30 – Apresentação dos dados de um poço tubular no município de Santo André	135
FIGURA 31 -- Auto Posto que apresentou contaminação por vazamento (CETESB-A, 2004) e próximo a este local foi realizado o monitoramento da água subterrânea, o ponto de amostragem de número 5	137
FIGURA 32 - Auto Posto que apresentou contaminação por vazamento. Próximo a este local foi retirada amostras de água subterrânea referente ao ponto de amostragem de número 1 ..	138
FIGURA 33 – Ponto de amostragem número 4.....	138
FIGURA 34 – Ponto de amostragem de número 6.....	139
FIGURA 35 - Local da amostragem número 10	140
FIGURA 36 – Poço artesiano, referente ao ponto de coletada nº 1	140
FIGURA 37 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons cloreto (a) e nitrato (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, coletadas em agosto de 2004.	144
FIGURA 38 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons fluoreto (a) e sulfato (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, coletadas em agosto de 2004.	145
FIGURA 39 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons nitrato (a) e cloreto (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 11 e 12 no município de Santo André, coletadas em junho de 2005.	146
FIGURA 40 (a) e (b) - Distribuição da concentração dos íons sulfato (a) e fluoreto (b) dos pontos de amostragem 01, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 11 e 12 no município de Santo André, coletadas em junho de 2005.....	147
FIGURA 41 – Distribuição de nitrato nas amostras de água subterrâneas coletas em agosto de 2004 e junho de 2005.....	147

FIGURA 42 (a) e (b) – Distribuição dos elementos bário (a) e ferro (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.	156
FIGURA 43 (a) e (b) Distribuição dos elementos magnésio (a) e alumínio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.....	156
FIGURA 44 (a) e (b) - Distribuição dos elementos manganês (a) e zinco (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.	157
FIGURA 45 (a) e (b) - Distribuição dos elementos potássio (a) e cálcio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.	157
FIGURA 46 (a) e (b) - Distribuição dos elementos fósforo (a) e cálcio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1, 4, 5, 6, 8, 9 10, 11 e 12 no município de Santo André, em junho de 2005.....	158
FIGURA 47 (a) e (b) - Distribuição dos elementos ferro (a) e bário (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.....	159
FIGURA 48 (a) e (b) - Distribuição dos elementos selênio (a) e magnésio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.	159
FIGURA 49 (a) e (b) - Distribuição dos elementos chumbo (a) e boro (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.....	160
FIGURA 50 (a) e (b) - Distribuição dos elementos alumínio (a) e manganês (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.	160
FIGURA 51 (a) e (b) – Distribuição dos elementos zinco (a) e sódio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.....	161
FIGURA 52 - Distribuição dos elementos prata nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.....	161
FIGURA 53 - Distribuição dos elementos nos vários pontos de coleta	164
FIGURA 54 - Distribuição dos elementos nos vários pontos de coleta	165
FIGURA 55- Distribuição dos elementos analisados, por faixas de concentrações nos locais de coleta	166
FIGURA 56- Distribuição dos elementos analisados, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André	167
FIGURA 57– <i>Box Plot</i> dos elementos analisados Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André	169

FIGURA 58 – <i>Box Plot</i> dos elementos analisados Fe, Ba, Pb, Al, Mn, Zn, P e fluoreto, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André.....	170
FIGURA 59 - Dendogramas para os elementos analisados nos 12 pontos de coleta entre 2004 e 2005.....	171
FIGURA 60 - Dendogramas para os elementos analisados nos 12 pontos de coleta entre 2004 e 2005.....	172
FIGURA 61 – Apresenta os parâmetros que deram superiores ao recomendado pela Portaria 518 nos vários locais de coleta.	173

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Propriedades físico-químicas das águas subterrâneas	26
TABELA 2 – Ocorrências de vazamentos em postos de gasolina que acionaram a CETESB	37
TABELA 3 – O número de áreas contaminadas no estado de São Paulo, no Grande ABC, em Santo André e quantidades de postos de gasolina contaminados em Santo André, nos anos de 2002 a 2005.....	39
TABELA 4 – Principais produtos da destilação do petróleo	44
TABELA 5 – Percentagem de derivados de petróleo obtidos após os tratamentos físico-químicos.....	44
TABELA 6 – Produtos obtidos nas refinarias e seus usos	45
TABELA 7 - Propriedades físico-químicas de alguns constituintes da gasolina	50
TABELA 8 - Composição de BTEX na gasolina	51
TABELA 9 - Características Gerais do Álcool Anidro e Hidratado	54
TABELA 10 – Propriedades do etanol e gasolina.....	55
TABELA 11 - Parâmetros toxicológicos de alguns compostos encontrados em combustíveis derivados de petróleo (Maximiano, 2001)	58
TABELA 12 - Distância rodoviária de Santo André aos municípios limítrofes.....	81
TABELA 13 – Descrição e agrupamento dos locais de coleta nas diferentes áreas de captação dos poços artesianos no município de Santo André.....	101
TABELA 14 - Parâmetros para a avaliação das amostras de água subterrânea	105
TABELA 15 - Linearidade e limite de detecção (LD) para BTEX	110
TABELA 16 - Intervalo de linearidade, limite de quantificação para a determinação por ICP-OES das amostras águas	112
TABELA 17 – Reprodutibilidade, precisão e desvio padrão relativo para a análise do material de referência SEM - 1643c, por ICP-OES.....	113
TABELA 18 - Limites de quantificação, e a faixa de trabalho estabelecida (AAS).....	114
TABELA 19 – Coeficiente de correlação, limite de detecção (L.D.) e de quantificação dos analitos aniônicos.....	115
TABELA 20 – Quantidade de postos revendedores de combustíveis automotivos por Grandes Regiões e Unidades da Federação em 2003 (ANP)	119
TABELA 21 – Quantidade de postos de combustíveis no município de Santo André autuados e ou interditados pela ANP de 2003 a 2005.....	124
TABELA 22 – Faixa de idade dos postos de gasolina no município de Santo André	125
TABELA 23 – Relação da quantidade de Postos de Serviços por Bandeira (ANP*,2003; SEMASA, 2004).....	126
TABELA 24 – Relação da quantidade de postos de gasolina que apresentam contaminação por faixa de idade, por autuações e ou interdições pela ANP e por distribuidora no município de Santo André.....	127
TABELA 25 – A quantidade de poços artesianos e seus usos, na área urbana e fora dela do município de Santo André	136

TABELA 26 - Determinação da concentração de BTEX ($\mu\text{g L}^{-1}$) em amostras de água de poço, nos meses de março e agosto de 2004, no município de Santo André.	141
TABELA 27 - Distribuição da concentração de ânions (mg L^{-1}) em amostras de água subterrânea, nos meses de março e agosto de 2004 e junho de 2005 no município de Santo André.	143
TABELA 28 - Parâmetros bacteriológicos avaliados nas amostras de água de poços, coleta de junho 2005, área urbana do município de Santo André, SP.....	149
TABELA 29 - Parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de água de poços, em junho de 2005. Média de duas amostragens.	150
TABELA 30 – Determinação de metais e elementos – traço nas frações solúveis de amostras de água de poços artesianos no município de Santo André, no período de agosto de 2004 e junho 2005.	153
TABELA 31 - Estatística descritiva no período de 2004 e 2005 dos elementos- traço, cor, pH, turbidez, cloreto, nitrato, sulfato e fluoreto	163
TABELA 32 - Relação dos processos de remediação que estão sendo utilizados no município de Santo André para postos de combustíveis.....	174

ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS – *Atomic Absorption Spectrometry* - Espectrometria de Absorção Atômica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADI – *Acceptable Daily Intake* – Valores diários aceitáveis de determinado composto

Air Sparging – Borbulhamento com ar no aquífero

ANM – Atenuação Natural Monitorada

ANP - Agência Nacional de Petróleo

API – *American Petroleum Institute* – Instituto Americano de Petróleo

ASTM – *American Society for Testing and Materials* – Sociedade Americana de Testes e Materiais

Bioventing – Fornecimento de oxigênio para microorganismos

Biosparging – Injeção de ar na zona não saturada

BRPs – Barreiras permeáveis

BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, orto, para e beta Xilenos

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CMOS - *Completely Miscible Organics Solubility* – Solvente orgânico completamente miscível

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiental

CONCAWE - *The Oil Companies' European Organization for Environmental and Health Protection* - Organização Européia que reúne várias Companhias de Petróleo

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNAPL – *Dense Non Aqueous Phase Liquids* - Líquidos em fase não aquosa densa

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

GC - FID – Cromatografia gasosa com detector de ionização de chama

GTZ – *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*

HA – *Advisorie Health* – Níveis Aceitáveis para a Saúde Humana

HIL – *Heavy Immiscible Liquid* – Líquidos imiscíveis pesados

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação

ICP-OES – *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* - Espectrometria de emissão com plasma de argônio induzido

IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

LIL – *Light Immiscible Liquid* - Líquidos imiscíveis leve

LNAPL – *Light Non Aqueous Phase Liquids* - Líquidos em fase não aquosa leve

LOAEL – *Lowest Observed Adverse Effect Level* – Menor Nível em que é Observado Efeito Adverso no Organismo Testado

MCL- *Drinking Water Maximum Concentration Level* – Nível de Concentração Máxima para Água Potável

MCLG - *Drinking Water Maximum Concentration Level Goals* – Metas para Níveis de Concentração Máxima para Água Potável

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MPE - *Multiphase Extraction/Bioslurping* – Extração Multi-fase

MS – Ministério da Saúde

NAPL – *Non Aqueous Phase Liquids* – Líquidos em fase não aquosa

NOAEL – *No Observed Adverse Effect Level* - Não é Observado Nenhum Efeito Adverso no Organismo Testado

OD – Oxigênio Disponível

P&T – Purgue and Trap

PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S/A

PMOS – *Partially Miscible Organics Solubility* - Solvente orgânico parcialmente miscível

PMSA – Prefeitura Municipal de Santo André

PROALCOOL – Programa Nacional do Álcool

Pump-and-treat – Bombeamento e tratamento

RfC – *Reference Concentration* – Concentração de Referência

RfD – *Reference Dose* – Dose de Referência

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SASC – Sistema de Armazenamento Subterrâneo e Combustível

SEMASA – Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André

SF – *Slope Factor* – Fator de carcinogenicidade

SINDICON - Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo

SVE/EVS - *Soil Vapor Extration* – Extração de Vapores do Solo

SVOCs – *Semivolatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Semivoláteis

TAS – Tanques de Armazenamento Subterrâneo

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* -
Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization

U.S. EPA – *United States Environmental Protection Agency* - Agência de Proteção
Ambiental dos Estados Unidos

VOCs – *Volatile Organic Chemicals* – Compostos Químicos Orgânicos Voláteis

VS – Vigilância Sanitária

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho decorreu, em grande parte, do trabalho de pesquisa sobre áreas poluídas e a sua recuperação (remediação), denominadas “*Report on Pollution and Remediation in Brazil*” solicitadas e financiadas pela *UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO*, Itália, ao IPEN/CNEN, concluído em maio de 1999 (UNIDO, 1999). Este trabalho foi, na realidade, uma revisão com foco na coleta de informações principalmente sobre poluição ambiental, legislação e, o status do gerenciamento ambiental, bem como o desenvolvimento, uso e aplicação de tecnologias de remediação no Brasil. Considerando as diversas facetas e a complexidade do tema e da situação geográfica do País, dos 25 projetos prioritários relacionados, 6 estavam sendo executados no estado de São Paulo. Destes, em destaque o projeto de gerenciamento de áreas contaminadas ou suspeitas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) causado principalmente por vazamento dos tanques subterrâneos contendo derivados de petróleo.

Em todo mundo, o armazenamento dos combustíveis automotivos é realizado em tanques subterrâneos e esta atividade tem se revelado como fonte importante de poluição ambiental, afetando a qualidade do solo e das águas subterrâneas. Os vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis têm sido objetos de preocupação. Além das consequências desastrosas para o meio ambiente estes acidentes ocorrem quase sempre em áreas urbanas, densamente povoadas, resultando em riscos de incêndios e explosões em ambientes confinados, destacando-se, os sistemas subterrâneos públicos de águas pluviais, esgoto, telefonia, metrô, eletrificação, subsolo de edificações, garagens, escavações, poços de água, entre outros.

Esses acidentes também resultam em riscos à saúde em virtude do odor de combustíveis no interior de residências e estabelecimentos comerciais,

expondo as pessoas a substâncias tóxicas à saúde humana como, por exemplo, os hidrocarbonetos aromáticos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX).

Coletivamente designados por BTEX, estes compostos são os indicadores específicos usados para se caracterizar a contaminação de áreas por gasolina para a série C6 e C8, por serem o grupo de compostos constituintes da gasolina mais solúveis em água.

Quando esta pesquisa foi iniciada, havia pouca informação sobre o assunto. As informações mais relevantes foram obtidas de países industrializados, como dos Estados Unidos e da Comunidade Comum Européia preocupação esta iniciada na década de 80. No Brasil, essa preocupação começou a ficar mais intensa com a implantação de legislações mais rígidas e restritivas como a elaborada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA de nº 273 de novembro de 2.000, do Ministério do Meio Ambiente, (Brasil, 2000). Esta legislação obrigou aos donos de postos de gasolina a obter o licenciamento ambiental para seu funcionamento e para os postos com 25 anos ou mais de funcionamento, a reforma total de seus equipamentos.

A partir de 2004, o trabalho teve o seu desenvolvimento ampliado quando muitos órgãos governamentais e ambientais, no âmbito federal, estadual e municipal, disponibilizaram informações sobre postos de serviços e poços artesianos.

A questão da contaminação do solo e das águas subterrâneas tem sido objeto de grande preocupação nas três últimas décadas em países industrializados da Europa e Estados Unidos. Esse problema tem se agravado em grandes centros urbanos, principalmente no Brasil, como é o caso da Região Metropolitana de São Paulo e particularmente nos municípios do Grande ABC, formado por 07 municípios: Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra.

O Governo do estado de São Paulo, por meio da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB tem divulgado listas de áreas

comprovadamente contaminadas por produtos químicos por empresas poluentes. Entre elas, há um grande número de postos de gasolina, indústrias químicas e refinarias de petróleo.

A origem das áreas contaminadas está relacionada ao desconhecimento, em épocas passadas, de procedimentos seguros para o manejo de substâncias perigosas, ao desrespeito a procedimentos seguros e à ocorrência de acidentes ou vazamentos durante o desenvolvimento dos processos produtivos, de transporte ou de armazenamento de matérias primas e produtos. A existência de uma área contaminada pode gerar problemas como danos à saúde humana, comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, restrições ao uso do solo e danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades, além de danos ao meio ambiente (CETESB – A, 2004).

O número de áreas comprovadamente contaminadas no estado de São Paulo, divulgadas pela CETESB, passou de 225 em 2002 para 1.504, dados de junho de 2005, sendo 73% contaminações vindas de postos de combustíveis. Esse aumento significativo deve-se principalmente ao estabelecimento da obrigatoriedade do licenciamento ambiental dos postos de combustíveis, bem como da ação rotineira de controle sobre as fontes industriais, comerciais, de tratamento e disposição de resíduos e a legislações cada vez mais restritivas.

A grande quantidade de postos de serviços com tanques de armazenamento subterrâneo (TAS) de combustíveis com possibilidade de vazamento faz dessa atividade uma das principais fontes de poluição das águas subterrâneas nos perímetros urbanos. A ocorrência de vazamentos em sistemas de armazenamento subterrâneo e combustível (SASC) tem sido objeto de crescente preocupação, em função dos riscos associados a esses eventos, tanto para a segurança e proteção a saúde da população, como para o meio ambiente. Além dos riscos de explosão e incêndio, esses vazamentos podem acarretar sérios impactos ambientais devido a contaminação do solo e água subterrânea, comprometendo a qualidade dos mananciais e de seu uso para o abastecimento público.

Estes eventos se manifestam, na grande maioria dos casos, tanto como contaminações superficiais provocadas por constantes e sucessivos derrames junto às bombas e bocais de enchimentos dos reservatórios de armazenamento, como pelos vazamentos em tanques e tubulações subterrâneas. Geralmente são percebidos após o afloramento do produto em galerias de esgoto, redes de drenagem de águas pluviais, no subsolo de edifícios, em túneis, escavações e poços de abastecimento de água.

Por ser muito pouco solúvel em água, a gasolina derramada, contendo mais de uma centena de componentes, inicialmente estará presente no subsolo como líquido de fase aquosa. Em contato com a água subterrânea, tem-se uma solubilidade parcial da gasolina, principalmente dos hidrocarbonetos monoaromáticos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e orto, meta e para xileno. Como descrito anteriormente, devido à solubilidade, estes compostos são utilizados como os principais indicadores de contaminação por combustíveis fósseis, uma vez que serão os primeiros a atingirem o lençol freático. Estes contaminantes são considerados substâncias perigosas ao seres humanos por serem depressivos do sistema nervoso central e por causarem leucemia em exposições crônicas. Destes, o benzeno, é considerado o mais tóxico, com padrão de potabilidade de $5 \mu\text{g L}^{-1}$, segundo as normas do Ministério da Saúde, Portaria 518 (Brasil, 2004).

A gasolina comercializada no Brasil é bastante diferenciada da de outros países, pois, é misturada com 20 a 26% de etanol produzido da cana-de-açúcar. Deste modo, as interações entre o etanol e os compostos BTEX podem causar um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma do que aquele observado em países que utilizam gasolina pura. Pode ocorrer o aumento da solubilidade dos BTEX em água; a possibilidade do aumento da mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea; com a presença do etanol pode dificultar a biodegradação natural dos BTEX aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea (Corseuil, 1997).

A crescente demanda do uso de água subterrânea como fonte de abastecimento de água potável se deve ao fato de que, normalmente, os custos para a implantação e manutenção de um sistema de captação desta fonte são

bem menores do que aqueles que envolvem a captação de água superficial. Na captação de água subterrânea através de poços, não é importante apenas o aspecto da quantidade, isto é, a vazão a ser obtida. A qualidade da água subterrânea é outro fator a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada.

As águas subterrâneas têm importante papel no abastecimento público e privado no estado de São Paulo, onde 72 % dos municípios são total ou parcialmente abastecidos por esse recurso hídrico. Em algumas regiões do estado, como a RMSP e de Campinas, a água subterrânea é uma reserva estratégica para o desenvolvimento de atividades econômicas, tendo em vista a escassez do recurso hídrico superficial. Na RMSP, a água superficial é a principal fonte de abastecimento público; entretanto, também é intenso o uso de águas subterrâneas para abastecimento privado nas indústrias, comércio (hotéis, hospitais, clubes) e residências (condomínios) (CETESB – B, C, 2004).

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente, dos 645 municípios do estado de São Paulo, 200 (duzentos) são abastecidos por água superficial para abastecer 13 milhões e 350 mil habitantes, enquanto que 310 municípios usam exclusivamente água subterrânea para suprir uma população de 3 milhões, 140 mil pessoas. Os 135 municípios restantes realizam um misto de captação superficial e subterrânea para abastecer 18,5 milhões de habitantes (CETESB – B, C, 2004).

A problemática dos vazamentos de postos de combustíveis é um tema atual e preocupante principalmente nas regiões urbanas onde a concentração de postos de combustível é maior.

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, o Brasil tem 178.237.111 habitantes (dados de 2004) para uma frota nacional de veículos de 39.240.875 veículos, sendo 24.936.451 só de automóveis, ou seja, um veículo em média para cada 4,5 pessoas.

Desse total, o estado de São Paulo, possui cerca de 4.547.842 veículos sendo 3.484.052 de automóveis (BRASIL - A, 2004) e população em 2004, de 10.838.581 habitantes, sendo, em média um veículo para cada 2,4 pessoas.

Para o município de Santo André com uma população de 649.331 habitantes (IBGE, 2000) e com uma frota de veículos de 294.636, sendo 229.786 de automóveis temos um veículo para cada 2,8 pessoas (BRASIL-A, 2004).

No Brasil, onde existem 31.435 postos de gasolina cadastrados (ANP, 2003) e uma estimativa de 160.000 tanques subterrâneos, as preocupações relacionadas ao potencial de contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina vêm crescendo principalmente no estado de São Paulo onde existem 7.936 postos de gasolina (ANP, 2003).

O estado de São Paulo ocupa a primeira posição em número de postos revendedores de combustíveis automotivos no Brasil seguido por Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Bahia. Vale ressaltar que estes estados detêm 70 % dos postos de gasolina do Brasil (ANP, 2003).

Nos postos de combustíveis muitos destes TAS foram instalados no início da década de 70 para uma vida útil de aproximadamente 25 anos e muitos já ultrapassaram esse tempo e estão com possibilidade de vazamento. Quando ocorre o vazamento o custo de uma recuperação ambiental, tomando-se como referência dados da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), é da ordem de R\$ 250 mil para a extração do combustível e o tratamento do solo na área de um posto de gasolina e nas suas áreas circunvizinhas, porém se houver contaminação da água subterrânea, a remediação oscila entre R\$ 200 mil e R\$ 2 milhões por posto. Por isso, ações de prevenção e de gerenciamento devem ser adotadas, diagnosticando o problema antes que ele aconteça.

O presente projeto, no contexto da política estadual de controle da qualidade de água subterrânea visa identificar as condições dos poços tubulares e fontes existentes. O estudo foi direcionado para avaliar o potencial de

contaminação de poços artesanais próximos a postos de gasolina contaminados por vazamento e comprovado pelos órgãos ambientais, retratando as características e a situação dos poços artesanais destinados ao abastecimento de água doméstico e comercial na área urbana do município de Santo André.

Este trabalho é o resultado do projeto desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN por meio do Centro de Química e Meio Ambiente - CQMA em parceria com o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André - SEMASA.

Os resultados da abordagem integrada das ações dentro do tema permitirão obter subsídios técnicos de um primeiro diagnóstico ambiental de forma a auxiliar e orientar a comunidade e aos gestores governamentais na tomada de decisão para o planejamento, execução e gestão dos programas que lidam com recursos hídricos subterrâneos.

O trabalho proposto como tema de doutorado, também realiza um estudo crítico dos diferentes processos de remediação e descreve as técnicas mais utilizadas na remediação de postos de gasolina.

Durante o desenvolvimento da pesquisa diversos temas foram abordados e descritos a seguir em capítulos:

- Águas: considerações gerais, a sua importância, sua distribuição no Mundo e no Brasil;
- Águas subterrâneas: qualidade, aquíferos, tipos de aquíferos, ocorrência no Brasil, impactos ambientais e propriedades físicas e químicas;
- Contaminação por postos de gasolina, contaminação de solo e águas subterrâneas, acidentes;
- Considerações sobre o petróleo, histórico, principais produtos, a gasolina no Brasil, características, propriedades físico-químicas e etanol;

- Parâmetros de toxicologia;
- Revisão dos processos de remediação e recuperação;
- Aspectos legais relativos à atividade de postos de combustíveis, à exploração de poços artesianos e uso das águas subterrâneas;
- Área do estudo: elementos fisioclimáticos, fisiografia, aspectos geológicos;
- Metodologia: critérios para a escolha dos pontos de amostragem; monitoramento; coleta, preservação e análises das amostras de água, variáveis estudadas; equipamentos; materiais e técnicas analíticas utilizadas;
- Resultados e discussão;
- Conclusões e recomendações.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas que abastecem os poços de captação destinados ao abastecimento público e comercial, na região urbana do município de Santo André, no estado de São Paulo, próximos de postos de combustível onde foram detectados vazamentos, contribuindo para o diagnóstico ambiental do município.

Objetivos Específicos

- Avaliar o comprometimento da qualidade da água subterrânea de poços tubulares próximos a postos de combustíveis automotivos que apresentaram contaminação por vazamento de seus tanques de armazenamento subterrâneos.
- Auxiliar no gerenciamento ambiental preventivo do município, transformando as informações dispersa referente ao cadastramento dos postos de gasolina e poços tubulares utilizados para o abastecimento, em um banco de dados para tomada de decisão do órgão ambiental municipal, com mapas de uso e ocupação.
- Contribuir para a caracterização química da qualidade das águas subterrâneas do município de Santo André fornecendo importantes informações sobre a qualidade das águas subterrâneas, subsidiando o estabelecimento dos valores de referência para o aquífero, bem como, possíveis contaminações.
- Realizar uma análise crítica dos diferentes processos de remediação.

3 ASPECTOS RELEVANTES DO TRABALHO

A investigação e monitoramento da contaminação das águas subterrâneas são atividades altamente complexas e que devem ser conduzidas sobre bases específicas para cada caso. Há pelo menos três escalas espaciais do monitoramento de água subterrânea comumente em uso. O primeiro tipo é empregado tipicamente na própria fonte potencial de contaminação ou bastante próximo a ela, onde a fonte é limitada em área e pode ser identificada unicamente em termos geográficos. Isto inclui fontes como descargas industriais, lagoas industriais, aterros sanitários. Um segundo tipo é monitorado por razões de segurança de saúde pública. Por exemplo, milhares de poços de água potável são analisados periodicamente para constituintes químicos inorgânicos. Este tipo de amostragem é uma forma de controle de qualidade e é análogo a amostras da linha de produção de uma fábrica de processamento de alimentos para checagem. O terceiro tipo de monitoramento é do nível regional onde se avalia os efeitos de fontes difusoras ou do efeito combinado de muitas fontes pontuais de contaminação. Tais fontes incluem a drenagem de águas pluviais, fossas sépticas e o uso em locais urbanos com fontes potenciais variadas de poluição de águas subterrâneas.

Devido ao número alarmante de vazamentos de tanque de armazenamento subterrâneos (TAS) a contaminação de aquíferos a partir de derramamentos de combustível desses tanques tem sido um assunto de grande interesse nas últimas décadas com trabalhos de pesquisas no Brasil de: Oliveira, 1992; Bicalho, 1997; Corseuil & Alvarez, 1996; Guiguer, 1996; Corseuil, 1997; Fernandes, 1997; Dourado, 1998; Ferreira, 2000; Pereira, 2000; Maximiano, 2001; Miller, 2001; Kaipper, 2003, entre outros.

Atualmente, a grande quantidade de postos de serviço com TAS com possibilidade de vazamento faz dessa atividade uma das principais fontes de poluição das águas subterrâneas nos perímetros urbanos. As altas taxas de bombeamento do poço artesianos aumentam o tamanho do cone de

rebaixamento do nível da água, seccionando as plumas de contaminação, vindo a contaminar os poços de condomínios, grandes *shopping's*, indústrias alimentícias e hospitais, que não foram os causadores da contaminação.

O encaminhamento de soluções para esse problema de poluição ambiental e de saúde pública ainda se encontra em fase de elaboração por parte da maioria dos órgãos ambientais brasileiros e outras instituições envolvidas no setor.

A solução desse problema envolve a consolidação de um conjunto de medidas técnicas, para o conhecimento de ações: preventivas, visando minimizar a ocorrência de vazamentos e derramamentos desses produtos; corretivas, na fase de atendimento emergencial e de recuperação das áreas contaminadas; e de promoção à saúde, no sentido de reduzir os efeitos à saúde dos expostos.

O planejamento ambiental das cidades é vital para o século XXI. Englobam atividades referentes à análise ambiental dos espaços e território do município, visando apresentar, através dos diagnósticos obtidos, o encaminhamento de planos, programas, projetos e atividades voltadas à obtenção de melhores condições ambientais.

Os municípios brasileiros de médio e pequeno porte, em sua grande maioria, não utilizam os instrumentos de planejamento em sua totalidade, e isso inclui a elaboração de Planos Diretores Municipais em articulação com os temas ambientais. O Planejamento Urbano vinculado ao Ambiental deve incorporar metodologias de caráter participativo, que envolva a comunidade. E a agenda 21 local representa, sem dúvida, a ação indutora na elaboração do Plano Diretor Municipal, ou para promover a revisão deste, com engajamento de todos os agentes envolvidos. É através da agenda 21 local que o município poderá definir um plano de desenvolvimento sustentável para a cidade, apoiado nos anseios da comunidade, o que pode estabelecer um mecanismo que afasta os prejuízos causados pelas mudanças periódicas de prefeitos.

A avaliação conjunta da realidade local com os demais órgãos da administração municipal, para se buscar uma ação proposital para a gestão ambiental local, pode-se dizer que já é um grande desafio.

Cabe ressaltar que não existem informações históricas quanto à qualidade das águas subterrâneas no município de Santo André. Apesar de bem estruturado o programa de monitoramento de poços subterrâneos realizado pela CETESB no estado de São Paulo, no período de 2001 - 2003, não contemplou nenhum ponto de amostragem no município de Santo André (CETESB-B, 2004).

O desenvolvimento da pesquisa permitiu disponibilizar informações e fornecer subsídios às ações de controle de poluição das águas subterrâneas para o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André – SEMASA. O trabalho possibilitará auxiliar o órgão ambiental do município de Santo André, a identificar as áreas contaminadas ou sujeitas à contaminação por postos de gasolina. Muitas destas informações poderão auxiliá-lo no licenciamento ambiental dos postos de combustíveis, previsto para 2006.

4 ÁGUAS

4.1 Considerações Gerais

Em 22 de março de 2005, foi instituído a *Década Brasileira da Água*, por meio de um decreto federal que reconhece a *Água*, como estratégica no cenário internacional e nacional, com o objetivo de promover a criação e implantação de políticas voltadas ao gerenciamento e uso sustentável desse recurso natural. Também as Nações Unidas definiram o período de 2005 a 2015 como o *Decênio Internacional para a Ação – Água, fonte de vida* (Brasil-B, 2005; Brasil-C, 2005).

O volume total de água no planeta Terra é de $1.385.984 \text{ km}^3$, sendo que desse total 99,4% constitui-se de água não disponível para consumo humano (oceanos, mares e geleiras). A maior parte do volume total de água doce não está disponível, por se encontrar concentrada nas calotas polares e em aquíferos profundos. Dos 0,6% disponível na forma de água doce líquida, 98,5% estão na forma de águas subterrâneas (Rebouças, 2002; Zimbres, 2000).

A FIG. 1 apresenta a distribuição das águas no nosso planeta, mostrando a pequena porcentagem de água disponível para abastecimento e a importância da preservação das águas subterrâneas.

O Brasil é um país privilegiado porque possui 12% das reservas mundiais de água doce e 53% do total da América do Sul, apresentando a rede hidrográfica mais extensa do Globo, com 55.457 km^2 de águas internas e muitos de seus rios são classificados entre os maiores do planeta (ANA, 2002; Borgetti et al., 2004; Brasil, 2003).

Aproximadamente 69,2% das águas brasileiras estão concentradas na região Norte, e somente 1,60% no estado de São Paulo (SABESP, 2004; Borgetti et al., 2004). Entretanto, como no resto do mundo, as interferências no ciclo de renovação, principalmente das águas superficiais, têm diminuindo a quantidade e qualidade de água disponível para consumo.

FIGURA 1 - A distribuição relativa das águas no nosso planeta (modificado de Zimbres, 2000)

Tais interferências são: extração excessiva, uso inadequado, lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos de água, ausência de controle de erosão, ausência de matas ciliares, bem como o crescente aumento nos custos de seu tratamento. Apesar da disponibilidade hídrica do estado de São Paulo, a sua distribuição não coincide com as áreas onde existe maior demanda pelo recurso hídrico, como também em todo o Brasil de modo geral. Segundo Rebouças (1999), mesmo as cidades localizadas na Região Norte do País enfrentam crises de abastecimento (CETESB-B, 2004; Rebouças et al., 2002, 1999).

Nesse cenário, a água subterrânea vem assumindo importância relevante como fonte de abastecimento doméstico, industrial e agrícola. Praticamente todos os países do mundo, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades. Países como a Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda, Hungria, Itália, Marrocos, Rússia e Suíça utilizam de 70 a 90% da demanda do abastecimento público pelas águas subterrâneas. Outros utilizam 100% da água subterrânea como a Arábia Saudita e Malta (Rebouças et al., 1999).

Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2003), aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida com água subterrânea para fins domésticos, dos quais 10% vindo de poços rasos, 20% de nascentes ou fontes e 70% de poços profundos.

De acordo com o levantamento realizado pela CETESB, dos 645 municípios do estado de São Paulo, 72% são totalmente ou parcialmente abastecidos por água subterrânea (CETESB-B, 2004). Atualmente, considerando-se o aumento do número de poços outorgados pelo DAEE, estima-se que essa porcentagem de uso seja maior.

Em algumas regiões do estado, como a RMSP e Campinas, a água subterrânea é uma reserva estratégica para o desenvolvimento de atividades econômicas, tendo em vista a escassez do recurso hídrico superficial. Na RMSP, a água superficial é a principal fonte de abastecimento público; entretanto, também é intenso o uso de águas subterrâneas para abastecimento privado nas indústrias, comércio (hotéis, hospitais, clubes) e residências (condomínios) (CETESB-B, 2004).

A FIG. 2 apresenta a porcentagem de uso das águas subterrâneas para abastecimento público no estado de São Paulo, que reflete a distribuição geográfica dos melhores aquíferos para produção de água. A maior exploração se faz no interior de São Paulo região noroeste devido ao tipo de aquífero e formação geológica, são poços artesianos com maiores vazões ao contrário da RMSP. Isso será descritos com maiores detalhes nos capítulos que se seguem.

4.2 Águas Subterrâneas

A partir da década de 60, a denominação de “águas subterrâneas” para as águas do subsolo foi considerada mais apropriada (Rebouças et al., 1999). Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na

FIGURA 2 - Porcentagem de uso das águas subterrâneas para abastecimento público por municípios do estado de São Paulo (modificado CETESB-B, 2004)

manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (Borguetti et al., 2004).

Enquanto um rio corre a uma velocidade de quilômetros por dia, a água subterrânea, no mesmo período percorre apenas alguns centímetros.

Alguns conceitos serão descritos a seguir para compreensão dos termos utilizados no texto. Torna-se necessário considerar os principais tipos de água que ocorrem abaixo da superfície da Terra, tais como: água de solo, da camada não saturada do subsolo e da sua zona saturada (Rebouças et al., 2002, 1999).

A rocha que tem porosidade e permeabilidade passou a ser chamada de aquífera, independente de estar ou não saturada (Rebouças et al., 2002, 1999).

O solo é definido como material mineral não consolidado (solto) que se estende desde a superfície até o embasamento de rocha. O solo consiste em ar ou vapor, água e uma variedade de sólidos do solo, e é dividido em duas zonas da sub-superfície: as zonas não-saturadas e a zona saturada (Fernandes, 1997). A zona não-saturada se estende desde a superfície do chão até o topo da franja capilar e contém vapor do solo e uma quantidade menor de água do solo. A zona saturada se estende desde o topo da franja capilar até o fundo do lençol freático.

Nela, os espaços vazios entre os sólidos do solo estão totalmente preenchidos por líquidos, e a água que se encontra nesta zona é chamada de água subterrânea. A franja capilar é a porção superior da zona saturada onde a água subterrânea se encontra, acima da superfície do lençol freático, devido às forças capilares (Fernandes, 1997). A FIG. 3 ilustra a descrição.

FIGURA 3 - Caracterização esquemática das zonas não saturada, saturada, franja capilar no subsolo (Borguetti et al., 2004)

4.2.1 Qualidade das Águas Subterrâneas

Antes dos anos 70, já se acreditava que as águas subterrâneas tinham certo nível de proteção natural contra a contaminação. Acreditava-se que os solos e as camadas de areia, e rochas do subsolo, funcionavam como filtros, retendo os contaminantes antes deles pudessem chegar às águas subterrâneas (EPA, 1990). Mais recentemente se constatou que estes podem chegar às águas subterrâneas. Agora sabemos que pode atravessar todas as camadas de filtração, chegar à zona saturada e contaminar as águas subterrâneas.

Durante o percurso no qual a água caminha entre os poros do subsolo e das rochas, ocorre a depuração da mesma através de uma série de processos físico-químicos (troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso, entre outros) e bacteriológicos (eliminação de microorganismos devido à ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizem) que agindo sobre a água, modificam as suas características adquiridas anteriormente, tornando-a particularmente mais adequada ao consumo humano. A composição química da água subterrânea é o resultado combinado da

composição da água que percola o solo e da evolução química influenciada diretamente pelas litologias atravessadas, sendo que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas vai aumentando à medida que prossegue no seu movimento (Borguetti et al., 2004; EPA, 1990).

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam o seu uso, geralmente, mais vantajoso em relação ao das águas dos rios: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessita de custos menores como fonte de água; as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores; o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade; possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade (Borguetti et al., 2004; EPA, 1990).

4.2.2 Aqüíferos

Aqüífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas. Outro conceito refere-se a aqüífero como sendo, somente, o material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água aí armazenada. Assim, uma litologia só será aqüífera se, além de ter seus poros saturados (cheios) de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada (Rebouças et al., 2002, 1999).

Um aqüífero pode ter extensão de poucos quilômetros quadrados a milhares de quilômetros quadrados, ou pode, também, apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros (Rebouças et al., 2002, 1999). Etimologicamente, aqüífero significa: aqui = água; fero = transfere; ou do grego, suporte de água.

Os aqüíferos mais importantes do Mundo (UNESCO, 2001), seja por extensão ou pela transnacionalidade, são:

O Guaraní – que abrange o subsolo de países da América do Sul: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai com extensão de 1,2 milhões de km²;

O Arenito Núbia – que abrange o subsolo de países da África: Líbia, Egito, Chade e Sudão com extensão de 2 milhões de km²;

O Kalahari / Karoo - que abrange o subsolo dos países: Namíbia, Bostwana e África do Sul com extensão de 135 mil km²;

O Slovak-Karst-Aggtelek - que abrange o subsolo dos países da República Checa, Eslováquia e da Hungria;

O Praded - que abrange o subsolo dos países da República Checa e Polônia com extensão 3,3 mil km²;

A Grande Bacia Artesiana com 1,7 milhões km² e a Bacia Murray com 297 mil km², ambos na Austrália.

4.2.2.1 Tipos de Aqüíferos

A seguir são apresentadas algumas denominações e definições importantes para a compreensão de alguns termos importantes utilizados no trabalho.

A constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e como reservatório. A origem geológica pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando os diferentes tipos de aqüíferos (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000). Quanto à porosidade, existem três tipos de aqüíferos esquematicamente caracterizados na FIG. 4:

FIGURA 4 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000)

Aquífero poroso ou sedimentar - é aquele formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos não consolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

Aquífero fraturado ou fissural – é aquele formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. São os: basaltos, granitos, gabros, filões de quartzo. A capacidade dessas rochas de acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água. Poços perfurados nessas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

Aquífero cárstico (Karst) - formado em rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz nas fraturas e outras discontinuidades (diáclases) que resultaram da dissolução do carbonato pela

água. Essas aberturas podem atingir grandes dimensões, criando, nesse caso, verdadeiros rios subterrâneos. São aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras, com fluxo em canais. As rochas são os calcários, dolomitos e mármore (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

Quanto à pressão da água, os aquíferos podem ser de dois tipos, conforme é apresentado na FIG. 5.

FIGURA 5 - Tipos de aquíferos quanto à pressão (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000)

Aquífero livre ou freático - é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Os aquíferos livres têm a chamada recarga direta. Em aquíferos livres o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

Aquífero confinado ou artesianos - é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço

para além da zona aquífera. O seu reabastecimento ou recarga, através das chuvas, dá-se preferencialmente nos locais onde a formação aflora à superfície. Neles, o nível da água encontra-se sob pressão, podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas. Os aquíferos confinados têm a chamada recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas (bacias sedimentares) (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

O aquífero semi-confinado que é aquele que se encontra limitado na base, no topo, ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero. O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera. Secundariamente, esse fluxo se dá através das camadas semi-confinantes, à medida que haja uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobrejacentes (Borguetti et al., 2004; Zimbres, 2000).

4.2.3 Ocorrências no Brasil

A combinação das estruturas geológicas com fatores geomorfológicos e climáticos do Brasil resultaram na configuração de 10 províncias hidrogeológicas (FIG. 6), que são regiões com sistemas aquíferos com condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água (Brasil, 2003). Essas províncias podem ser ainda subdivididas em subprovíncias. A FIG. 7 apresenta a representação esquemática dos principais aquíferos brasileiros.

O estado de São Paulo é composto de duas províncias hidrogeológicas Paraná e Escudo Meridional.

O estado de São Paulo é cortado por vários aquíferos, são eles: Bauru-Caiuá, Serra Geral, Guarani, Furnas e Cristalino Sudoeste. O município de Santo André é abastecido pelo aquífero Cristalino Sudoeste.

FIGURA 6 - Representação esquemática das províncias hidrogeológicas do Brasil (Borguetti et al., 2004)

FIGURA 7 – Representação esquemática dos principais aquíferos brasileiros (Borguetti et al., 2004)

4.3 Impactos Ambientais sobre os Aqüíferos

O manancial subterrâneo acha-se relativamente melhor protegido dos agentes de contaminação que afetam rapidamente a qualidade das águas dos rios e represas, na medida em que ocorre sob uma zona não saturada (aqüífero livre), ou está protegido por uma camada relativamente pouco permeável (aqüífero confinado) (Rebouças et al., 2002; 1999).

A vulnerabilidade à contaminação de um aqüífero refere-se ao seu grau de proteção natural às possíveis ameaças de contaminação potencial, e depende das características litológicas e hidrogeológicas dos estratos que o separam da fonte de contaminação (geralmente superficial), e dos gradientes hidráulicos que determinam os fluxos e o transporte das substâncias contaminantes através dos sucessivos estratos e dentro do aqüífero. A contaminação ocorre pela ocupação inadequada de uma área que não considera a sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente, principalmente na zona de recarga dos aqüíferos. A contaminação pode se dar por fossas sépticas e negras; infiltração de efluentes industriais; fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais; vazamentos de postos de serviços; por aterros sanitários e lixões; uso indevido de fertilizantes nitrogenados; depósitos de lixo próximos dos poços mal construídos ou abandonados. Entretanto, a mais perigosa, é a contaminação provocada por produtos químicos, que acarretam danos muitas vezes irreversíveis, causando enormes prejuízos, à medida que impossibilita o uso das águas subterrâneas em grandes áreas.

4.4 Propriedades Físicas e Químicas das Águas Subterrâneas

A percepção do homem das alterações da qualidade da água através de seus sentidos dá-se pelas características físicas da água, pois se espera que esta seja transparente, sem cor e sem cheiro. Na verdade, na natureza a água usualmente possui cor, cheiro e até mesmo gosto (Branco, 1991). A seguir, na TAB. 1 são apresentados os elementos químicos que aparecem naturalmente na composição da água subterrânea.

TABELA 1 – Propriedades físico-químicas das águas subterrâneas

Propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas	variação	Procedência	Portaria 518/04 Ministério da Saúde VMP*	observação
Temperatura	NÃO TEM – em profundidades maiores: 1 °C a cada 30m Aqüífero Botucatu: 40-50 °C	-	-	-
Cor	PURA – azulada RICA Fe – arroxeada RICA Mn – negra RICA ácidos húmicos - amarelada	-	15 UH	-
Odor e sabor	NÃO TEM – Algumas fontes termais exalam H ₂ S Alguns compostos químicos – dão odor e ou sabor	-	-	-
Turbidez	-	-	5 UT	-
Sólidos em suspensão	NÃO TEM	-		
Sólidos Totais dissolvidos (STD)	-	-	1000 mg L ⁻¹	-
pH	Entre 5,5 e 8,5	-	-	-
Ba elemento muito tóxico	Raro nas águas naturais 0,0007 a 0,9 mg L ⁻¹	Fontes naturais: intemperismo e erosão de depósitos naturais Atividade humana: perfuração de poços, produção de pigmentos, fogos de artifícios, vidros e defensivos agrícolas.	0,7 mg L ⁻¹	Ingestão eleva a pressão sanguínea e bloqueio do sistema nervoso
Ca	10 a 100 mg L ⁻¹	Plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita	0,005 mg L ⁻¹	-

Cont.

Propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas	variação	procedência	Portaria 518/04 Ministério da Saúde VMP*	observação
Cd elevado potencial tóxico	Presente nas águas naturais < 0,001 mg L ⁻¹	Combustíveis fosseis, pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, defensivos químicos, corrosão de tubos galvanizados e refinarias de minérios	0,7 mg L ⁻¹	acumula em organismos aquáticos entrada pela cadeia alimentar Sua ingestão provoca disfunção renal, hipertensão, aterosclerose e câncer
Pb	-	Não é comum nas águas naturais Processos e produtos humanos: encanamentos e soldas, plásticos, tintas, pigmentos e metalurgia. A gasolina com chumbo tetraetila esse e a principal fonte de poluição	0,01 mg L ⁻¹	Tem efeito acumulativo no homem, causa tonturas, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória
Cloreto (Cl ⁻)	< 100 mg L ⁻¹ compostos muito solúveis	-	-	Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar, e por aterros sanitários.
Cu	Baixas concentrações devido a pequena solubilidade < 1 µg L ⁻¹	atividades humanas: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino	2,0 mg L ⁻¹	A ingestão de altas doses irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais e depressão
Fe	< 0,3 mg L ⁻¹ elemento persiste acompanhado sempre com Mg	Magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios	0,3 mg L ⁻¹	Em contato com o oxigênio do ar fica amarelo
Na	Sempre presente 0,1 a 100 mg L ⁻¹	Feldspatos plagioclásios	200 mg L ⁻¹	-

Cont.

Propriedades físicas e químicas das águas subterrâneas	variação	procedência	Portaria 518/04 Ministério da Saúde VMP*	observação
Mg	Acompanha o Ca forma sais mais solúveis que do Ca 1 e 40 mg L ⁻¹ 0,1 a 2,0 mg L ⁻¹	Biotita, anfibólios e piroxênios	-	Depois do Ca é o principal responsável pela dureza das águas
Fluoreto (F ⁻)		Fluorita, apatita, flúor-apatita, turmalina, topázio e mica Atividades industriais: siderurgia, fundição, fabricação de alumínio, de louças e esmaltados, vidro e teflon Queima de combustíveis fósseis, fundição, ligas, galvanoplastia	-	Flúor em pequena quantidade é benéfico Altos teores causa fluorese dental e esquelética
Ni	= 0,1 mg L ⁻¹ > 11,0 mg L ⁻¹ Para águas de mineração		0,025 mg L ⁻¹	Altas doses afeta o coração, sistema respiratório Dermatites em pessoas sensíveis
Mn	Acompanha o Fe < 0,2 mg L ⁻¹ Como óxido de manganês bivalente - precipitados negros	-	0,1 mg L ⁻¹	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	< 5 mg L ⁻¹	-	0,1 mg L ⁻¹	sistema digestivo se transforma em nitrosaminas que é cancerígeno problema: está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizante
K	Pequena quantidade Teor médio: < 10 mg L ⁻¹ Valores freqüentes: 1 a 5 mg L ⁻¹	principais minerais fontes Feldspato potássico, mica moscovita e biotita	-	-

* VMP=Valor Máximo Permitido Fonte: modificado EPA, 1990; Macêdo, 2000; Zimbres, 2000

5 CONTAMINAÇÃO DOS AQUÍFEROS POR VAZAMENTO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

A preocupação com os vazamentos de combustível e suas consequências vem sendo abordada de forma incisiva desde o início da década de 1980 através, principalmente, do trabalho efetuado pela Agência Ambiental Norte Americana USEPA, (*United States Environmental Protection Agency*) que subsidiou diversas normas e procedimentos editados pela *ASTM* (*American Society for Testing and Materials*) e pela *API* (*American Petroleum Institute*).

Assim, como os postos de revenda de combustíveis há outras atividades que armazenam combustíveis automotivos em tanques subterrâneos como: indústrias, garagens de ônibus, órgãos públicos entre outros.

5.1 Porque ocorrem os vazamentos nos postos de combustíveis

Os vazamentos de combustíveis podem ocorrer pelos seguintes motivos:

- Derramamentos superficiais constantes e sucessivos junto às bombas e bocais durante a operação de transferência do produto para o tanque ou abastecimento devido à infiltração nas rachaduras do piso do posto;
- Vazamentos na própria bomba de abastecimento, no sistema ou no tanque, devido á corrosão;
- Falhas estruturais ou das tubulações subterrâneas conectada ao tanque;
- Instalação inadequada.

5.2 Contaminação proveniente de vazamentos de tanques de postos de combustíveis

A gasolina é um combustível imiscível em água, constituído por uma mistura de mais de 100 hidrocarbonetos entre os quais alcanos, alcenos, e hidrocarbonetos aromáticos. Quando derramado em subsuperfície, tende a migrar verticalmente, infiltrando-se na zona não saturada até atingir a zona saturada. Durante este percurso, que é controlado basicamente pelos processos de advecção (o transporte do fluido em função do gradiente) e difusão (movimento de uma substância de uma área com alta concentração para uma com baixa concentração), os diversos componentes da gasolina particionam-se para as fases sólidas, líquida e gasosa e estão sujeitos à biodegradação (Ferreira, 2000; EPA, 1996). Uma fração da gasolina volatiliza-se e é transferida à atmosfera; outra é retida nos espaços vazios dos poros na zona não saturada, por forças capilares, como uma saturação residual; uma terceira fração fica aderida a matéria orgânica existente no meio ou a superfície dos minerais; e uma outra migra o suficiente para chegar à água subterrânea, tornando-se uma ameaça em potencial para a saúde pública (Ferreira, 2000; EPA, 1996). A pluma é a emissão contínua de poluentes (combustíveis) a partir de uma fonte pontual (tanque enterrado) e que tem uma expansão previsível (Ferreira, 2000; EPA, 1996). A FIG. 8, a seguir, ilustra toda descrição anterior.

FIGURA 8 - Fenômenos que ocorrem após o derramamento de combustíveis, de um tanque de gasolina (Ferreira, 2000).

5.3 Distribuição dos hidrocarbonetos no solo

Após o episódio de vazamento em um tanque de armazenamento subterrâneo, os hidrocarbonetos se infiltram no solo e interagem com o mesmo manifestando-se de diversas formas. Os compostos dos hidrocarbonetos de petróleo podem se particionar em cinco fases em subsuperfície (EPA, 1996):

- Vapor (no gás do solo);
- Residual (retido por ação da capilaridade);
- Adsorvido (na superfície das partículas sólidas, incluindo matéria orgânica);
- Dissolvido (dissolvido na água);
- Fase livre (hidrocarboneto líquido, móvel).

O particionamento entre as fases é determinado pela dissolução, volatilização e sorção. A FIG. 9 ilustra a distribuição dos hidrocarbonetos no ambiente subterrâneo.

Fonte: modificado EPA, 1996

FIGURA 9 – Distribuição vertical das fases dos hidrocarbonetos.

Após o vazamento, os hidrocarbonetos tendem a migrar descendentemente sob influência das forças gravitacionais e capilares. Enquanto a fonte de vazamento continuar fornecendo produto, o solo vai se tornando mais saturado de hidrocarbonetos e o centro de massa da pluma vai migrando descendentemente, deixando uma fase residual de hidrocarbonetos imóveis no solo ao lado e acima da frente de avanço da pluma. Se o volume de hidrocarbonetos que vaza é pequeno em relação à capacidade de retenção do solo, os hidrocarbonetos tenderão a ficar retidos por capilaridade no solo e a massa total de contaminante ficará imobilizada. Para haver acúmulo de fase livre sobre o nível d'água, o volume que vazou deve ser suficiente para exceder a capacidade de retenção do solo entre o ponto de vazamento e o nível d'água (EPA, 1996).

A FIG. 10 ilustra as várias etapas do comportamento do hidrocarboneto que vazou de um tanque de armazenamento subterrâneo. A FIG. 10 (A) mostra a massa de hidrocarbonetos antes de atingir a franja capilar. Se a fonte de produto cessasse neste momento, provavelmente não haveria fase livre. Na FIG. 10 (B), o vazamento continuou e o volume vazado é suficiente para iniciar o acúmulo de fase livre e o deslocamento da franja capilar. O produto livre está começando a deslocar a franja capilar e alguns dos seus compostos solúveis estão se dissolvendo na água subterrânea. Na FIG. 10 (C) a fonte de contaminantes cessou. Os resíduos de hidrocarbonetos permaneceram no solo abaixo do tanque. A pluma de fase livre se espalhou lateralmente e uma pluma de contaminante dissolvido está migrando no sentido do fluxo subterrâneo (EPA, 1996).

A massa de hidrocarbonetos das fases residual e livre irá se volatilizar e solubilizar parcialmente para se tornar componentes do vapor do solo e da água subterrânea, respectivamente. A volatilização e solubilização das frações mais leves, ou seja, compostos com menor peso molecular e menor pressão de vapor, tendem a tornar a massa remanescente de hidrocarbonetos mais densa e menos móvel (EPA, 1996).

Quanto aos hidrocarbonetos da fase vapor, estes são muito mais móveis e podem migrar relativamente a grandes distâncias ao longo de caminhos de fluxo preferenciais como fraturas, juntas, camadas de areia e linhas de utilidades subterrâneas (EPA, 1996). Segundo EPA (1991), esta via de transporte pode espalhar os contaminantes numa área maior do aquífero numa velocidade até 10.000 vezes mais rápida do que através do movimento da água subterrânea.

Preferencialmente, os componentes mais solúveis da massa de hidrocarbonetos irão se dissolver na água subterrânea acima (na zona não saturada) e abaixo do nível d'água (zona saturada) (EPA, 1996).

A proporção em que a massa inicial de contaminante se distribui nestas diversas fases, pode ser estimada a partir do mapeamento da pluma de fase livre e dissolvida e da concentração do contaminante no solo e no vapor do solo. Deve-se atentar para o fato de que a retenção capilar consegue manter na forma imóvel quantidades significativas de produto puro, que age como fonte permanente de contaminação do aquífero e como fonte de vapores para a superfície.

Os efeitos das heterogeneidades na granulometria e no teor de umidade do solo causam variações na intensidade da retenção capilar, gerando as diferenças existentes entre a espessura exagerada da fase livre medida nos poços de monitoramento e a espessura real da fase livre existente sobre o nível d'água. Estes exageros são mais pronunciados nos locais com efeitos capilares maiores como: argilas e siltes e menos pronunciado naqueles meios onde a capilaridade exerce menores efeitos como areias (EPA, 1996).

NAPL – Non aqueous phase liquids – líquidos em fase não aquosa

Fonte: modificado EPA, 1996

FIGURA 10 – Progressão do vazamento de hidrocarbonetos de tanques de abastecimento subterrâneos.

O mais tóxico dos compostos para o ser humano dos BTEX é o benzeno, que pode atacar o sistema nervoso central ou ainda causar leucemia e câncer. Segundo critérios definidos pelo Ministério da Saúde, a concentração máxima de benzeno na água, deve ser $5 \mu\text{g L}^{-1}$ (Portaria 518, 2004). Em qualquer vazamento, as concentrações de compostos tóxicos chegam a valores três mil vezes superiores a esse (Fernandes, 1997).

Levantamentos feitos por agências ambientais do governo Federal e dos estados indicam que lençóis freáticos das áreas onde estão localizados os postos de gasolina são freqüentemente atingidos por vazamentos oriundos dos tanques dos postos de gasolina, enterrados a uma profundidade de até cinco metros. Como os vazamentos ocorrem, geralmente, em pequenas quantidades, passam despercebidos pelos administradores dos postos, que só tomam providências quando há uma perda considerável de combustível. Ocorre que são justamente os pequenos vazamentos os que mais problemas causam aos lençóis freáticos. Em primeiro lugar, porque neles o combustível vai se infiltrando lentamente, vencendo a resistência do solo. Em segundo lugar, como geralmente não são detectados, permanece longo tempo liberando combustível, que acaba encharcando o solo e contaminando as águas subterrâneas. Como não havia fiscalização, os postos não se preocupavam em identificar os pequenos vazamentos, considerando que a perda resulta do processo de colocação do combustível nos tanques dos veículos e dos níveis normais de evaporação (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

5.3.1 Acidentes

Dados da CETESB 2004 revelam que, nos últimos cinco anos, ocorreu um número significativo de casos de vazamento de combustíveis, causados pela falta de manutenção de equipamentos, pela deterioração de tanques e tubulações e, também, por falhas operacionais decorrentes do despreparo dos profissionais que atuam nesses estabelecimentos. Segundo a Divisão de Tecnologia de Riscos Ambientais da CETESB, os vazamentos em postos de gasolina têm sido responsáveis por cerca de 10% de todas as emergências atendidas, com 550 casos registrados em 20 anos (Gouveia, 2004; CETESB-D, 2004).

A divisão de tecnologia de riscos ambientais da CETESB recebe a comunicação das ocorrências diretamente por parte da população ou são acionados pelo Corpo de Bombeiros, pela Defesa Civil ou pelo próprio dono do posto de combustível. A TAB. 2 apresenta no transcorrer dos anos quantas vezes a CETESB teve que atender casos de vazamento no estado de São Paulo (Gouveia, 2004; CETESB-D, 2004).

TABELA 2 – Ocorrências de vazamentos em postos de gasolina que acionaram a CETESB

ANO DAS OCORRÊNCIAS EM POSTOS DE GASOLINA	QUANTIDADE DE CASOS
1997	33
1998	69
1999	67
2000	54
2001	42
2002	41
2003	42
2004	28
desde 1984 até 2004	550

Fonte: CETESB-D, 2004

Em muitas situações, o envelhecimento e a deterioração do Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis Líquidos – SACS, bem como operações deficientes que podem ocorrer durante o abastecimento de veículos ou carregamento dos tanques, provocam contaminações no solo e galerias subterrâneas de esgoto e águas pluviais. Na maioria desses casos as ações corretivas são tomadas no local pelo proprietário do estabelecimento ou pela distribuidora, sem a devida comunicação à CETESB. A seguir as FIG. 11 (a) e 11 (b) apresentam os tanques retirados após vazamento (Chedid, et al., 2002; Vêncio, 2000; Lopes, 2000). A FIG. 11 (a) o tanque esta sendo retirado de um posto de gasolina e a FIG. 11 (b) os tanques estocados em um pátio de uma distribuidora, estes continuam contaminando porque muitos destes tanques ainda possuem resíduos de combustíveis e com a chuva esses resíduos são arrastados para o solo.

(a)

(b)

FIGURA 11 (a) - Tanque sendo retirado de um posto de gasolina e 11 (b) - Tanques retirados dos postos de combustíveis após reforma e estocados em um pátio de uma distribuidora de combustíveis

A CETESB com a cooperação técnica do governo da Alemanha, por meio de sua Sociedade de Cooperação Técnica (*Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*, GTZ), fez o levantamento das áreas contaminadas no estado de São Paulo e tem liberado desde 2002 a listagem destas áreas. A TAB. 3 apresenta o número de áreas contaminadas no estado de São Paulo, no Grande ABC e em Santo André bem como a quantidades de postos de gasolina que apresentaram contaminação em Santo André, de 2002 a 2005 (CETESB-D, 2005).

TABELA 3 – O número de áreas contaminadas no estado de São Paulo, no Grande ABC, em Santo André e quantidades de postos de gasolina contaminados em Santo André, nos anos de 2002 a 2005.

Data	Quantidade de áreas contaminadas no estado de São Paulo	Áreas contaminadas no Grande ABC	Áreas contaminadas em Santo André	Quantidade de postos de gasolina contaminados em Santo André
maio 2002	255	42	10	07
outubro 2003	727	90	24	16
novembro 2004	1.336	114	35	26
maio 2005	1.504	165	52	42

Fonte: www.cetesb.sp.gov.br/areas_contamina_2002.zip;

www.cetesb.sp.gov.br/areas_contamina_2003.zip;

www.cetesb.sp.gov.br/areas_cont_minic_nov_04.zip;

www.cetesb.sp.gov.br/areas_cont_minic_mai_05.zip

6 PETRÓLEO

Antigamente, em certas regiões dos EUA, a presença de água era muito rara e na sua busca foi perfurado o primeiro poço de petróleo em 1859. Mas foi apenas na segunda metade do século XIX que o petróleo começou a ser aproveitado industrialmente em *Tittusville* pelo Coronel Edwin L. Drake. O poço tinha a profundidade de 21 metros e foi perfurado por uma broca que perfurava pelo sistema de bate-estaca. Sua produção era de 19 barris ($3 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$) (SINDICON, 2002; Cuneo, 2002; Domingues, 2003).

Uma das primeiras utilizações do petróleo foi como combustível, principalmente na iluminação, substituindo o óleo de baleia. Como era muito inflamável o petróleo passou a ser refinado em alambiques, obtendo-se assim, o querosene. Com a invenção dos motores de explosão e a diesel (1887), as frações do petróleo que eram desprezadas, passam a ter novas aplicações (SINDICON, 2002; Cuneo, 2002; Domingues, 2003).

Em 1912, iniciava a distribuição sistemática de derivados de petróleo no Brasil, realizada em latas e tambores, portanto em 2006 faz 94 anos da utilização da gasolina, querosene, óleos lubrificantes entre outros.

José Bento **Monteiro Lobato** (1882-1948) retornando dos USA em 1931 torna-se um dos maiores defensores de extração de petróleo no Brasil (SINDICON, 2002; Cuneo, 2002; Domingues, 2003).

Em 1934, entra em funcionamento a destilaria Rio Grandense S.A. em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, que deu origem em 1937 a primeira Refinaria de Petróleo do país.

Em 1938, é criado o Conselho Nacional do Petróleo, pelo Decreto-Lei nº 395, de 29 de abril de 1938, com o objetivo de, entre outros,

regular e fiscalizar as atividades de exploração, refino, importação, distribuição e comercialização de petróleo e seus derivados.

Em 1953, é estabelecido o monopólio da União sobre a lavra, refinação e transporte marítimo do petróleo e seus derivados, sendo criada a Petrobrás para exercê-lo, de acordo com a Lei nº 2004, de 3 de outubro de 1953 (SINDICON, 2002; Cuneo, 2002; Domingues, 2003).

Em 1988, é consagrado o monopólio da União sobre o petróleo e seus derivados, através da Constituição promulgada em 5 de outubro de 1988.

Em 1975, é lançado o Programa Nacional do Álcool - Proálcool, e as distribuidoras começam a adaptar suas instalações e bombas para o novo combustível. Em 2005, o programa completou 30 anos. Atualmente com o elevado aumento da quantidade de automóveis bi-combustíveis vem se observando uma grande ampliação do uso do álcool hidratado.

O petróleo do latim *petrus*, pedra e *oleum*, óleo, no sentido de óleo bruto, é um líquido oleoso, inflamável, geralmente menos denso que a água, com cheiro característico, cuja cor varia segundo a origem, oscilando do incolor ou castanho claro até o negro, passando por verde e marrom. É encontrado a profundidades variáveis, tanto no subsolo terrestre como do marítimo. O Brasil é o maior produtor de petróleo em águas ultraprofundas (Cuneo, 2002, Vogt, 2005; Domingues, 2003).

Diversas teorias tentam explicar a origem do petróleo. Atualmente, a mais aceita entre os geólogos é a de que seja oriundo de substâncias de natureza orgânica, plâncton e outros minúsculos seres vivos soterrados por convulsão da natureza, resultando numa mistura orgânica chamada de "sapropel", que ao sofrerem decomposição sob a ação do tempo, bactérias, calor e pressão deram origem ao petróleo.

Com base na teoria orgânica da origem do petróleo, o mesmo deverá ser encontrado com maior probabilidade nas áreas em que, no decorrer de

diferentes eras geológicas, houve deposição de rochas sedimentares e acumulação de restos orgânicos. Fica então, praticamente excluída a possibilidade da presença de petróleo nas rochas ígneas e metamórficas, porém, a confirmação só é possível com a perfuração (Cuneo, 2002; Vogt, 2005; Domingues, 2003).

Depois que sai dos poços, em terra ou do mar, o petróleo é transferido por oleodutos ou por navios petroleiros até os terminais marítimos. Do terminal, o petróleo é transportado para as refinarias, onde será transformado em gasolina, diesel, gás, óleo combustível, lubrificantes, asfalto e muitos outros produtos.

Petróleo em estado natural é uma mistura de dezenas de hidrocarbonetos, que são compostos formados por átomos de carbono e de hidrogênio. Além destes hidrocarbonetos, o petróleo contém, em proporções bem menores, compostos oxigenados, nitrogenados, sulfurados e metais, conhecidos como contaminantes (Kaipper, 2003; Petroleum, 2006).

O refino do petróleo consiste em separar as centenas de hidrocarbonetos que estão misturados naquele líquido preto em grupos menores, que tenham uma aplicação comercial definida.

O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, o craqueamento ou destilação do óleo cru produz várias frações de petróleo, com aplicações comerciais definidas. Essas frações são distinguidas pelo seu número de carbono e ponto de ebulição, de forma resumida, podemos classificá-los em gases de refinaria que são o metano e etano consumido nas próprias refinarias; o gás liquefeito de petróleo ou gás de cozinha formado por propano e butano; os produtos leves que são as gasolinas, querosene e nafta; os produtos intermediários o óleo diesel e alguns lubrificantes; e produtos pesados os óleos combustíveis e alguns lubrificantes, parafina, asfalto, coque e vaselina (Kaipper, 2003; Petroleum, 2006).

No Brasil, é utilizado um combustível único no mundo, que na verdade se trata de um combustível formado pela mistura de 80 a 74% de gasolina e 20 a

26 % de álcool etílico anidro (etanol). O teor de álcool na gasolina é especificado pela Agência Nacional do Petróleo - ANP, e é objeto de lei federal.

A gasolina que compõe essa mistura é produzida, em sua quase totalidade, pelas refinarias da Petrobrás. O restante, por duas outras refinarias, ambas privadas: a de Manguinhos, no Rio de Janeiro, e a de Ipiranga, no Rio Grande do Sul. Já o álcool anidro e hidratado é produzido a partir da cana-de-açúcar em diversas destilarias espalhadas pelo país.

A composição final da chamada gasolina brasileira, ou seja, a mistura de gasolina e álcool é realizada pelas companhias distribuidoras, responsáveis também pela comercialização final do produto nos postos de serviço. O prazo de validade da mistura gasolina e álcool anidro é de 3 meses.

Desde janeiro de 1992, a gasolina brasileira é praticamente isenta de chumbo. O chumbo era utilizado mundialmente para aumentar a octanagem da gasolina, mas, por questões ambientais, vem sendo gradualmente eliminado. O Brasil foi um dos pioneiros na eliminação deste componente da gasolina.

Os derivados do petróleo são obtidos, basicamente de diferentes “cortes” da coluna de destilação ou frações de destilação, como foram descritos anteriormente. A TAB. 4 apresenta os principais produtos da destilação do petróleo e a TAB. 5 apresenta os maiores constituintes comerciais associados a estas frações (Dourado, 1998; Maximiano, 2001).

TABELA 4 – Principais produtos da destilação do petróleo.

Combustível	Faixa de átomos de carbono por molécula	Temperatura de destilação (°C)	Compostos presentes	Usos
gás	1 a 4	20	metano, etano, propano, etileno, propileno, butileno, isobutano, isobutileno	cozimento, aquecimento domiciliar, estoque para processos químicos.
gasolina	5 a 10	20 a 190	alcanos, alcenos, monoaromáticos solúveis, em água e aditivos.	combustível automotivo
querosene	11 a 13	190 a 260	alcanos, monoaromáticos, PAH, (naftalenos, antracenos) pouco solúveis, alguns metais e aditivos.	combustível para avião
diesel	14 a 15	260 a 360	alcanos, monoaromáticos, PAH, (naftalenos, antracenos) pouco solúveis, alguns metais e aditivos.	combustível automotivo
óleos lubrificantes	19 a 40	360 a 530	alcanos, PAH, insolúveis em água, alguns metais como níquel e vanádio.	lubrificantes, graxas, ceras.

1. PAH – hidrocarbonetos aromáticos policíclicos Fonte: modificado de Dourado, 1998; Petrobras, 2004

TABELA 5 – Percentagem de derivados de petróleo obtidos após os tratamentos físico-químicos

Derivados do Petróleo	Percentagem por barril
GLP (gás liquefeito de petróleo)	7,5
Gasolina	16,2
Diesel	33,9
Querosene	5,0
Óleo combustível	16,5
Asfalto	1,8
Lubrificantes	1,2
Naftas	11,2
Diversos	6,7

Fonte: Petrobras, 2004

A relação entre o tipo do petróleo e os rendimentos dos derivados obtidos é direta, pois um petróleo leve tem maior rendimento de produtos leves (GLP, nafta, óleo diesel) e menos rendimento de produtos pesados (óleos

combustíveis e asfalto) do que um petróleo pesado, onde ocorre o inverso. A instalação de unidades de conversão, que transformam frações pesadas em frações mais leves, pode atenuar essa diferença em rendimentos, mas não consegue eliminá-la. Ao longo do tempo, a PETROBRÁS tem sempre procurado instalar unidades de conversão (craqueamento catalítico, coqueamento retardado, hidrocrackeamento, entre outros) em suas refinarias, com a finalidade de diminuir a influência da natureza do petróleo nos rendimentos dos produtos obtidos.

A PETROBRÁS produz, em suas refinarias, mais de 80 produtos diferentes. A TAB. 6 apresenta os produtos obtidos nas refinarias do Brasil (Petrobrás) que chegam a de 80 produtos diferentes.

TABELA 6 – Produtos obtidos nas refinarias e seus usos

PRODUTO	UTILIZAÇÃO	PRODUTO	UTILIZAÇÃO
gás ácido	produto de enxofre	querosene	iluminação e combustível doméstico
eteno	petroquímica	querosene de aviação	combustível para avião
dióxido de carbono	fluido refrigerante	óleo diesel	combustível para ônibus, caminhões e outros
propanos especiais	fluido refrigerante	lubrificantes básicos	lubrificante de máquinas e motores em geral
propeno	petroquímica	parafinas	fabricação de velas, indústria de alimentos
butanos especiais	propelentes	óleos combustíveis	combustíveis industriais
gás liquefeito de petróleo	combustível doméstico	resíduo aromático	produção de negro de fumo
gasolinas	combustível automotivo	extrato aromático	óleo extensor de borracha e plastificante
naftas	solventes	óleos especiais	usos variados
naftas para petroquímica	petroquímica	asfaltos	Pavimentação
aguarrás mineral	solventes	coque	indústria de produção de alumínio
solventes de borracha	solventes	enxofre	produção de ácido sulfúrico
hexano comercial	petroquímica, extração de óleos	n-parafina	produção de detergentes biodegradáveis
solventes diversos	solventes	benzeno	Petroquímica
tolueno	petroquímica, solventes	xileno	Petroquímica

Fonte: Petrobras, 2004.

6.1 Gasolina

6.1.1 Denominação dos compostos orgânicos

Os compostos orgânicos possuem algumas designações empregadas em referências devido a uma determinada propriedade físico-química. Deste modo tem-se NAPL (*Non Aqueous Phase Liquids*), líquidos em fase não aquosa. Com referência à densidade dos compostos imiscíveis, possui a subclassificação de LNAPL (*Light Non Aqueous Phase Liquids*), líquidos em fase não aquosa leve, e DNAPL (*Dense Non Aqueous Phase Liquids*), líquidos em fase não aquosa densa, para produtos mais leves e mais densos que a água, respectivamente. As fases livres dos combustíveis, geradas com o vazamento, ocupam posições distintas para cada NAPL, o LNAPL permanece sobre o nível d'água e o DNAPL afunda para a base do aquífero (Pereira, 2000).

Outra designação para compostos orgânicos foi sugerida, CMOS (*Completely Miscible Organics Solubility*), solvente orgânico completamente miscível, e PMOS (*Partially Miscible Organics Solubility*), solvente orgânico parcialmente miscível, são os termos empregados para ênfase a miscibilidade dos orgânicos. Também aparecem outros termos, HIL (*Heavy Immiscible Liquid*), líquidos imiscíveis pesados, e LIL (*Light Immiscible Liquid*), líquidos imiscíveis leves em substituição às outras siglas citadas (Pereira, 2000).

A gasolina pertence ao grupo dos LNAPL e PMOS, líquido imiscível menos denso que a água, ou orgânico parcialmente miscível em água. O etanol é classificado como CMOS, solvente orgânico completamente miscível (Pereira, 2000).

6.1.2 Característica da gasolina

As especificações da gasolina automotiva brasileira devem ser mais rígidas principalmente para enxofre, cujo teor deve ser reduzido para 400 mg L⁻¹ em 2007 e, para 50 mg L⁻¹ em 2009, além de restrições adicionais

com a relação do teor de olefinas, de aromáticos e a redução do ponto final da destilação (Dauzacker et al., 2003).

6.1.3 Propriedades físico-químicos dos hidrocarbonetos da gasolina

As propriedades físico-químicas dos hidrocarbonetos da gasolina que podem influenciar na sua mobilidade, na água e no solo são: a solubilidade, a pressão de vapor, a densidade, a viscosidade dinâmica e o coeficiente de partição entre octanol e água (K_{ow}) (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

6.1.3.1 Solubilidade aquosa

A solubilidade aquosa de um composto químico é a máxima concentração deste composto químico que vai se dissolver na água pura em uma temperatura específica. Vários fatores influenciam na solubilidade como temperatura, co-solvente, salinidade e matéria orgânica dissolvida. Embora a solubilidade aquosa de muitos compostos químicos orgânicos aumente com a temperatura, a direção e magnitude da relação temperatura solubilidade são variáveis. Similarmente, o efeito de co-solvente, na solubilidade do composto químico orgânico depende da mistura de compostos e de suas concentrações (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

A solubilidade é uma das mais importantes propriedades que afetam o transporte dos compostos químicos no meio ambiente. Compostos químicos mais solúveis são mais facilmente transportados, pois tendem a ter um baixo coeficiente de adsorção no solo e um baixo fator de bioacumulação na vida aquática, além disso, tendem a ser mais biodegradáveis (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

6.1.3.2 Pressão de vapor

A pressão de vapor é a pressão exercida por um vapor que está em equilíbrio com o composto químico puro (líquido ou sólido) em uma dada temperatura. A pressão de vapor é usada para se estimar a taxa de emissão de compostos químicos voláteis do solo e da água para a fase vapor. A taxa de

volatilização de compostos orgânicos no sistema solo é afetada pelos seguintes fatores, em função das propriedades dos contaminantes e do meio: pressão de vapor dos contaminantes (que depende da pressão de vapor de seus constituintes); solubilidade dos contaminantes em água (que depende da solubilidade aquosa de seus constituintes); concentração dos contaminantes no solo; características de sorção do solo; difusão na fase aquosa e na fase vapor; temperatura; conteúdo de água; conteúdo de carbono orgânico; teor de argila; porosidade; massa específica do solo e movimento do ar atmosférico (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

6.1.3.3 Densidade

A densidade de um fluido é definida como a massa do fluido que ocupa uma unidade de volume. A densidade da gasolina varia de 0,72 a 0,78 mg mL⁻¹, daí a definição de líquido não aquoso mais leve que a água (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

6.1.3.4 Viscosidade dinâmica

É a medida de resistência de um fluido para escoar. Um aumento na temperatura tende a baixar a viscosidade e pode causar uma mobilidade maior da gasolina no solo (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

6.1.3.5 Coeficiente de partição

Coeficientes de partição são constantes empíricas que descrevem como um composto químico se distribui entre dois meios. Em estudos ambientais que envolvem contaminação por hidrocarbonetos de petróleo são importantes os seguintes coeficientes de partição: octanol-água, solo-água, e carbono orgânico (Maximiano, 2001; Dourado, 1998).

O coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}) é a medida de como um composto orgânico pode se distribuir entre o solvente orgânico e a água (Maximiano, 2001; Dourado, 1998).

Valores de K_{ow} podem ser da ordem de 1×10^{-3} a 1×10^7 , sendo com baixos valores de K_{ow} (< 10) tendem a ser compostos hidrofílicos, ter uma baixa adsorção no solo e baixo fator de bioconcentração (Maximiano, 2001; Dourado, 1998).

O coeficiente de partição solo-água (K_d) é a medida da tendência de um composto químico ser adsorvido pelo solo ou sedimento.

O coeficiente de partição carbono orgânico (K_{oc}) é a medida da tendência de um composto químico ser adsorvido pela fração de carbono orgânico do solo.

A TAB. 7 apresenta as propriedades físico-químicas de alguns constituintes da gasolina.

Os elementos mais solúveis da gasolina na água são os chamados BTEX: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (orto, para e meta). A seguir a FIG. 12 (a) apresenta a percentagem em peso dos BTEX (18%) na gasolina e a FIG. 12 (b) percentagem em peso de benzeno (11%), etilbenzeno (11%), tolueno (26%), meta-xileno (31%), orto-xileno (12%) e para-xileno (9%).

FIGURA 12 - (a) - Percentagem em peso dos BTEX na gasolina e 12 - (b) - Percentagem em peso: do benzeno, do etilbenzeno, do tolueno e dos xilenos na gasolina (API, 2003)

TABELA 7 - Propriedades físico-químicas de alguns constituintes da gasolina

Composto	Fórmula Molecular	Densidade (g mL ⁻¹)	massa ^(1,2) molecular (g mol ⁻¹)	Solubilidade em água (25°C) ^(1,2) (mg L ⁻¹)	Ponto de Ebulição (°C)	Pressão de vapor a 20°C(mmHg)	Log Kow (25°C) ^(1,2)
Benzeno	C ₆ H ₆	0,874	78,11	1.780,0	80,1 ⁽³⁾	12,70	2,13
Tolueno	C ₇ H ₈	0,865	92,10	534,8	111,6 ⁽³⁾	3,79	2,69
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	0,867	106,17	161,2	136,2 ⁽³⁾	1,27	3,15
p-Xileno	C ₈ H ₁₀	0,866	106,17	156,0	138,0 ⁽³⁾	1,18	3,18
o-Xileno	C ₈ H ₁₀	0,870	106,17	170,5	144,4 ⁽³⁾	0,88	3,12
Propilbenzeno	C ₉ H ₁₂	0,862	120,20	55,0	159,1 ⁽⁴⁾	0,30	3,63
Isopropil-benzeno	C ₉ H ₁₂	0,864	120,20	65,3	152,7	0,32	3,66
1,2,4 Trimetil-benzeno	C ₉ H ₁₂	0,889	120,19	59,0	169,4 ⁽³⁾	0,27	3,65
1,2,3Trimetil-benzeno	C ₉ H ₁₂	0,894	120,19	75,2	176,0	0,14	3,41
1,3,5Trimetil-benzeno	C ₉ H ₁₂	0,864	120,19	48,2	164,7 ⁽³⁾	0,33	3,42
Indano	C ₉ H ₁₂	0,996	118,18	109,1	176,0	-----	2,92
Naftaleno	C ₁₀ H ₈	1,150	128,16	111,1	217,9 ⁽⁴⁾	0,019	3,36
n-Hexeno	C ₆ H ₁₂	0,670	84,16	50,0	63,4 ⁽⁵⁾	25,00	3,39
n-Penteno	C ₅ H ₁₀	0,626	70,13	85,9	30,0 ^(4,5)	85,26	-
Etanol	C ₂ H ₅ OH	0,780	46,10	c.m.	78,5 ⁽³⁾	7,90	-0,32
MTBE	CH ₃ OC(CH ₃) ₃	0,776	88,15	23.200 a 54.400 ⁽⁶⁾	55,0	32,7 a 33,5 ⁽⁶⁾	0,94 a 1,16 ⁽⁶⁾

Fonte: (1) VERSCHWEREN (1996); (2) SCHWARZENBACH (1993); (3) REISINGER&GRATHWOHL (1996); (4) CRC Press, 1989; (5) MAJER; (6) SQUILLACE et al. (1996); (7) SVOBODA (1985); modificado por Ferreira, 2000

A TAB. 8 apresenta as principais características dos compostos BTEX.

TABELA 8 - Composição de BTEX na gasolina

	BENZENO	TOLUENO	META-XILENO	ORTO-XILENO	PARA-XILENO	ETILBENZENO
estrutura química
formula química	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀
peso molecular (g mol ⁻¹)	78	92	106	106	106	106
solubilidade em água (mg L ⁻¹)	1700	515	-	175	198	152
pressão de vapor (atm 20°C)	95,2	28,4	-	6,6	-	9,5
densidade específica (atm 20°C)	0,8787	0,8642	0,8642	0,8802	0,8610	0,8670
coeficiente de partição octanol-água (atm 20°C) (log K _{ow})	2,13	2,69	3,20	2,77	3,15	3,15
constante da lei de Henry (atm 20°C) (kPa*m ³ mol ⁻¹)	0,55	0,67	0,70	0,50	0,71	0,80
polaridade	não-polar	não-polar	não-polar	não-polar	não-polar	não-polar
biodegradabilidade	aeróbica	anaeróbica/ aeróbica	aeróbica	aeróbica	não-polar aeróbica	Aeróbica

Fonte: API, 2003

6.1.4 Etanol - Álcool Anidro

A utilização do álcool como aditivo à gasolina teve início nos anos 30. A partir de 1931, pelo decreto 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, o uso de álcool etílico anidro combustível passou a ser obrigatório em toda gasolina comercializada no país, inicialmente em uma proporção de 5% v/v (volume/volume). Esta percentagem variou ao longo dos anos devido a alterações promovidas nas diretrizes políticas energéticas, também em função dos preços do açúcar e do álcool no mercado externo. Em 1966, a legislação foi modificada elevando o limite de adição do álcool de 5 para 10% v/v. Em 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL (Petrobrás, 2005; Santos et al., 2000).

No final da década de 80, o programa foi violentamente atingido por uma grave crise de abastecimento de álcool aliada ao excesso de carros a álcool em circulação. Essa crise causou um enorme abalo no programa. A situação quanto ao percentual de álcool anidro na gasolina se manteve confusa até 1994, quando foi, novamente, oficializado o teor de 22% v/v de álcool etílico, e em 1999 para 26%, e em março 2006 para 20 %, embora se argumente os motores de gasolina atuais estejam preparados para suportar a adição de 30% de álcool (Santos et al., 2000).

A gasolina comercializada no Brasil é bastante diferenciada de outros países, pois é uma misturada de 20 a 26% de etanol como foi descrito anteriormente. Deste modo, as interações entre o etanol e os compostos BTEX podem causar um comportamento completamente diferente dos já estudados em outros países. O principal motivo da adição de compostos oxigenados como etanol e metil terc-butil-éter (MTBE) é para aumentar a octanagem do motor e diminuir a emissão de monóxido de carbono e conseqüentemente os níveis de ozônio na atmosfera (Fernandes, 1997).

O álcool é um poderoso solvente e, num vazamento, contamina a água provocando o aumento dos compostos tóxicos da gasolina, agravando o problema.

A mistura de gasolina e de álcool anidro se mostrou a mais adequada para os motores nacionais. Essa mistura tem como vantagem também, a diminuição de monóxido de carbono (CO) na atmosfera, devido à existência de uma ligação de oxigênio no etanol, a qual permite uma maior queima do monóxido de carbono do que a gasolina pura. Além do monóxido de carbono outros compostos são emitidos através da queima do combustível que causam maiores problemas a atmosfera que são o óxido de nitrogênio (NO_x), os hidrocarbonetos HC e os aldeídos. Os óxidos de nitrogênio e os hidrocarbonetos não queimados reagem entre si na presença da luz solar, dando origem aos compostos oxidantes que constituem o "smog" fotoquímico causadores de irritação dos olhos e pulmões, além de danos a vegetação. Os aldeídos, mesmo em concentrações mais baixas, causam, em seres humanos e animais, irritação

das mucosas dos olhos, do trato respiratório e da pele (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

A gasolina misturada com etanol reduz a emissão de monóxido de carbono no ar. Ocorre uma pequena elevação da quantidade de óxido de nitrogênio (NO_x) e há um acréscimo bem elevado na quantidade de aldeído (Fernandes, 1997; Miller, 2001).

Sabendo-se que o principal poluente na atmosfera é monóxido de carbono (CO), a mistura do etanol a gasolina é muito mais benéfica do que a utilização da gasolina pura. Porém no caso de um derramamento ou vazamento, a mistura etanol-gasolina num ambiente subterrâneo pode aumentar o impacto ambiental devido ao comportamento de co-solvência do etanol (aumento da solubilidade da gasolina em água) (Fernandes, 1997; Rocha et al.; 2000).

A adição de álcool diminui a vida útil da gasolina de 3 para 1 mês, segundo a Petrobrás. O prazo médio de validade nos demais países é de três meses. A TAB. 9 a seguir apresentam características gerais do álcool etílico anidro e hidratado combustíveis.

TABELA 9 - Características Gerais do Álcool Anidro e Hidratado

Características	Unidades	Valores	
		Álcool Etílico Anidro Combustível	Álcool Etílico Hidratado Combustível
aspecto	-	líquido	Líquido
cor	-	incolor	Incolor
odor	-	próprio do produto (inalação prejudicial à saúde)	próprio do produto (inalação prejudicial à saúde)
sabor	-	próprio do produto (ingestão prejudicial à saúde)	próprio do produto (ingestão prejudicial à saúde)
aparência	-	límpido e isento de material em suspensão	límpido e isento de material em suspensão
potencial hidrogeniônico	pH	-	7,0 ± 1,0
teor alcoólico em peso	°INPM	mínimo 99,3	93,2 ± 0,6
teor alcoólico em volume	°GL	mínimo 99,58	95,56 ± 0,43
acidez total (em ácido acético)	mg L ⁻¹	máximo 30	máximo 30
aparência	-	límpido e isento de material em suspensão	límpido e isento de material em suspensão
condutividade elétrica	mS m ⁻¹	máximo 500	máximo 500
íons Cloreto (Cl ⁻)	mg kg ⁻¹	-	máximo 1
* Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg kg ⁻¹	-	máximo 4
densidade a 20 °C	kg m ⁻³	máximo 791,5	809,3 ± 1,7

2. Fonte: modificada da Portaria da ANP de 8 de agosto de 2002

3. * Análise mediante solicitação do cliente

A armazenagem destes álcoois é feita em tanques ou recipientes apropriados, fechados e longe de fontes de calor e chamas. Devem ser tomadas medidas rigorosas para prevenção contra incêndios.

A ANP aprovou em 8 de novembro de 2005 a marcação com corante de todo álcool anidro misturado na gasolina vendida no País, para evitar fraudes, o “álcool molhado”: distribuidoras, adicionam água ao álcool anidro, que não tem impostos, e vendem como álcool hidratado, sem pagar o imposto deste último.

O álcool hidratado terá de ser transparente para se diferenciar do anidro. O corante adicionado ao anidro será alaranjado e deve ser colocado na

saída da destilaria de álcool. Algumas propriedades do etanol e da gasolina são apresentadas na TAB. 10.

TABELA 10 – Propriedades do etanol e gasolina.

PROPRIEDADES	ETANOL	GASOLINA
fórmula	C ₂ H ₅ OH	C ₄ a C ₁₂
massa molecular	46,07	100 - 105
densidade kg m ⁻³ a 15,5 °C	792	720 - 780
viscosidade		
centipoise a 20°C	1,19 ^a	0,37 – 0,44 ^{bc}
centipoise a 20°C	2,84 ^a	0,60 – 0,77 ^{bc}
pressão de vapor		
Reid mmHg	118,91 ^d	413 – 775 ^e
ponto de faísca, °C	12,78 ^d	- 42,78
solubilidade em água		
% de volume a 21,11 °C	100 ^g	-
mg L ⁻¹ a 20-25 °C	∞	98-240 ^h

Fonte: Fernandes, 1997

4. Notas:
5. ∞ = totalmente solúvel
6. a = retirado de "data compilation tables of pure compounds",
7. b = calculado
8. c = retirado de "SAE recommended practice j312",
9. d = retirado de "API technology data book – petroleum refining",
10. e = retirado de "Motor gasoline, petroleum product surveys",
11. g = retirado de "Handbook of chemistry and physics",
12. h = retirado de SHILL, W. Et Al., "The water solubility of crude oils and petroleum products".

7 TOXICOLOGIA

Toxicologia é a ciência que estuda os mecanismos básicos pelos quais compostos químicos ou organismos vivos podem causar efeitos adversos à saúde humana. Os efeitos tóxicos podem ser não carcinogênicos (quando a resposta toxicológica não gera tumores cancerígenos) e carcinogênicos (Maximiano, 2001; CONCAWE, 1992).

A toxicologia de um composto químico individual (benzeno, por exemplo) é tipicamente estabelecida com base em estudos de dose-resposta que estimam relação entre diferentes níveis de dose e a magnitude dos seus efeitos adversos. Estudos de dose-resposta podem ser divididos em três categorias: estudos de toxicidade aguda, crônica e subcrônica. Essa divisão é baseada na quantidade e tempo de exposições do composto químico de risco em relação ao grupo de indivíduos estudados (Maximiano, 2001; CONCAWE, 1992).

Estudos de toxicidade crônica irão refletir a exposição de um receptor a um composto químico por um longo período de tempo, muitas vezes o tempo de vida deste receptor. Estudos subcrônicos são realizados para uma fração do tempo de vida do receptor, enquanto que estudos de toxicidade aguda são realizados para curtos espaços de tempo. As faixas de variação de tempo admitida pela USEPA para estes estudos são: para toxicidade crônica de 7 anos ao tempo de vida, toxicidade subcrônica de semanas a 7 anos e toxicidade aguda de um evento de exposição a dias (Maximiano, 2001; CONCAWE, 1992).

A toxicologia de uma mistura complexa de compostos químicos (gasolina ou diesel) também é estabelecida com base em estudos de dose-resposta; no entanto, utiliza-se uma amostra pura da mistura. Uma alternativa bastante utilizada nos casos de misturas complexas é a análise toxicológica de um constituinte individual ou grupo de constituintes que fazem parte desta mistura. Estes constituintes são chamados compostos indicadores. A seleção de compostos indicadores é função de sua concentração na mistura, de sua

mobilidade no meio ambiente e de seu nível tóxico (Maximiano, 2001; CONCAWE, 1992).

Dados de dose-resposta são usados para identificar a dose segura ou o nível tóxico para um efeito adverso específico. A dose segura representa a maior dose de um determinado composto químico que não causará efeito adverso à saúde; o nível tóxico indica qual a toxicidade deste composto. Partindo dos conceitos acima descritos é possível identificar um valor limite (nível), para o qual não é observado nenhum efeito adverso no organismo testado (NOAEL – *No Observed Adverse Effect Level*) e o menor nível em que é observado efeito adverso (LOAEL – *Lowest Observed Adverse Effect Level*) (Maximiano, 2001).

Dados obtidos nesses estudos são utilizados para gerar valores de ingresso diário aceitável de determinado composto (ADI – *Acceptable Daily Intake*), a sua dose de referência (RfD – *Reference Dose*), a concentração de referência (RfC – *Reference Concentration*), o seu fator de carcinogenicidade (SF – *Slope Factor*), o seu nível de concentração máxima para água potável (MCL – *Drinking Water Maximum Concentration Level*), as metas para níveis de concentração máxima para água potável (MCLG – *Drinking Water Maximum Concentration Level Goals*), os níveis aceitáveis para a saúde humana (HA – *Advisorie Health*) e os critérios para qualidade da água (Maximiano, 2001; CONCAWE, 1992).

Com os combustíveis derivados de petróleo, diferentes composições podem possuir toxicidades similares; no entanto, algumas pequenas diferenças podem ser relevantes. Um outro ponto importante é que a composição de um combustível que eventualmente vazou para o meio ambiente pode mudar ao longo do processo natural de transformações no solo. Desta maneira, a toxicologia da porção remanescente também sofrerá alterações. A TAB. 11 apresentam valores para os parâmetros toxicológicos de alguns compostos encontrados em combustíveis derivados de petróleo.

TABELA 11 - Parâmetros toxicológicos de alguns compostos encontrados em combustíveis derivados de petróleo (Maximiano, 2001)

composto	RfD (mgkg ⁻¹ dia ⁻¹)	RfC (mgm ⁻³)	SF (mgkg ⁻¹ dia ⁻¹)	MCL (mgL ⁻¹)	Carcinogênio
benzeno	-	-	0,029	0,005	SIM
tolueno	0,2	0,4	-	1,0	NÃO
etilbenzeno	0,1	1,0	-	0,7	NÃO
xilenos	2,0	0,3	-	10,0	NÃO
benzo(a) pireno	-	-	7,3	0,0002	SIM
fenantreno	0,03	-	-	-	NÃO
pireno	0,03	-	-	-	NÃO
antraceno	0,3	-	-	-	NÃO
naftaleno	0,04	1,4	-	-	NÃO
benzo(a) antraceno	-	-	0,73	-	SIM

Fonte: Maximiano, 2001

13. RfD = Dose de Referência
14. RfC = Concentração de Referência
15. SF = Fator de Carcinogenicidade
16. MCL = Nível de Concentração Máxima para Água Potável

8 REVISÃO SOBRE PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO

Uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções (CETESB-D, 2004).

Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais de qualidade e determinando impactos negativos e ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938 de 1981, são considerados bens a proteger (Brasil, 1981):

- a saúde e o bem estar da população;
- a fauna e a flora;
- a qualidade do solo, das águas e do ar;
- os interesses de proteção à natureza e paisagem;
- a ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- a segurança e ordem pública.

O processo de remediação envolve a caracterização geomorfológica e hidrológica da área de interesse; o mapeamento da pluma de contaminação a fim de delimitar sua área de abrangência; a definição das técnicas de remoção de fase livre e posteriormente das fases dissolvida e adsorvida considerando as peculiaridades do local de trabalho e do volume de produto a ser removido; um estudo da técnica ou técnicas mais apropriadas e um programa de análises físicas e químicas do solo e aquífero até o saneamento da área impactada (Spilborghs, 1997; Nobre et al., 2003).

Estas ações são normalmente adotadas após a emergência, porém, em muitas oportunidades podem ser executadas com caráter de medidas mitigadoras dos riscos. Isto ocorre porque, não raro, somente com o efetivo bombeamento do produto infiltrado ou remoção do solo contaminado é que será eliminado o risco em áreas confinadas externas ao empreendimento.

Como referência de qualidade para fins de prevenção ou de intervenção em função da concentração de determinadas substâncias poluidoras existe uma relação de parâmetros orientadores para remoção destes contaminantes (CETESB - E, 2002; CETESB - F, 2005).

A seguir, várias técnicas para a remoção destes compostos são descritas. A remediação de solos e águas subterrâneas é normalmente uma tarefa complexa que exige o conhecimento das tecnologias de remediação, suas limitações, relações custos e benefícios, aplicabilidades quanto às questões hidrogeológicas e de natureza dos contaminantes são determinantes no sucesso do programa de remediação (Spilborghs, 1997; Nobre et al., 2003).

As alternativas que utilizam soluções mais naturais e com menores impactos no subsolo vêm ganhando maior destaque nos últimos anos. Porém, vale lembrar que essas soluções, devido ao maior tempo requerido na remediação, nem sempre são suficientes para atingir os objetivos do projeto e devem, na maioria dos casos, ser aplicadas em complemento às tecnologias convencionais já existentes.

Independente da solução adotada, ela deve ser aplicada conforme as condições intrínsecas e singulares a cada sítio contaminado. As técnicas de remediação devem atender não somente às características físico-químicas dos contaminantes envolvidos como também à aplicabilidade dos mesmos nas condições hidrogeológicas específicas do sítio impactado. E isso dentro de objetivos que atendam a legislação ambiental e que sejam compatíveis com o risco que a contaminação representa (Spilborghs, 1997; Nobre et al., 2003).

Verificou-se, uma redução nos custos de remediação nos últimos 20 anos. Técnicas de extração *ex-situ* tais como *pump-and-treat* (bombeamento e tratamento) foram sendo lentamente substituídas ou complementadas por técnicas de extração *in-situ* como a extração de gás de solo e aeração de solo. Subseqüentemente, essas técnicas de extração *in-situ* deram vez ao aparecimento de técnicas de remediação passiva ou destruição de massa *in-situ* como as barreiras permeáveis (BRPs), incluindo os sistemas *funnel-and-gate* (funil & porta). A tecnologia das BRPs vem sendo utilizada de forma cada vez maior nos Estados Unidos e Canadá e é considerada uma das alternativas de remediação de maior preferência no mercado. O padrão de evolução das tecnologias vem focalizando em soluções cada vez mais naturais, incluindo a alteração das condições bioquímicas do subsolo para subsidiar na remediação. A tendência da tecnologia de remediação de solos é resolver os problemas no local, *in-situ* (Spilborghs, 1997; Nobre et al., 2003).

8.1 Remoção de Fase Livre de Hidrocarbonetos Leves

A remoção de fase livre de hidrocarbonetos de petróleo consiste de um bombeamento direto e a separação dos líquidos através de um separador água-óleo.

Não é um processo efetivo para remediação das águas subterrâneas, uma vez que uma grande porcentagem dos hidrocarbonetos permanece adsorvida ao solo, atuando como uma fonte contínua de contaminação em fase dissolvida (Spilborghs, 1997; Nobre et al., 2003).

8.2 Biodegradabilidade: microorganismos capazes de utilizar hidrocarbonetos

Um grande número de microorganismos, que normalmente se servem de diversas fontes de carbono, possa também se servir dos hidrocarbonetos para o desenvolvimento de seus processos vitais. Do grande número de microrganismos conhecidos, apenas, cerca de uma centena é citado na literatura como sendo capaz de utilizar hidrocarbonetos em seu metabolismo (Dourado, 1998; Sracek et al., 2001; Tiburtius et al, 2004).

A maioria é constituída por bactérias, havendo, também, actinomicetos, fungos e leveduras. As algas e protozoários tem importância na formação do petróleo, mas não são citados como utilizadores de hidrocarbonetos (Dourado, 1998; Sracek et al., 2001; Tiburtius et al, 2004).

A capacidade de utilização de hidrocarbonetos pelos microrganismos depende de diversos fatores, entre ao quais, cita-se a estrutura dos hidrocarbonetos (tamanho da cadeia de átomos de carbono, insaturações, ramificações, entre outros), a presença de enzimas específicas, efeito tóxico sobre as células e, produtos tóxicos de metabolismo. Dos microrganismos citados pela literatura, três grupos são os mais importantes, por serem os mais estudados e pela sua atividade nos processos naturais. São eles:

***Pseudomonas*:** fazem parte de um gênero que envolve um grande número de espécies, desenvolvendo-se no ar, no solo, em águas doces e salgadas. A literatura cita meia dezena de espécies como utilizadores de hidrocarbonetos, podendo atuar sobre querosene, petróleo, gasolina, metano, hexano, pentano, naftaleno e parafina. São elas *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas oleovorans*, *Pseudomonas boropolis*, *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida* (Dourado, 1998).

***Desulfovibrios*:** Anaeróbios obrigatórios reduzem sulfatos a sulfetos e são encontrados no solo, em águas doces ou salgadas e nos lodos dos oceanos.

Representantes importantes são o *Desulfovibrio desulfuricans* e o *Desulfovibrio aestuarii*. Utilizam decano, hidrocarbonetos pesados e petróleo (Dourado, 1998).

Actinomicetos: Com esse nome, agrupam-se diversas espécies dos gêneros *Nocardia*, *Actinomyces* e *Mycobacterium*, que são capazes de utilizar a maioria dos hidrocarbonetos, petróleo, parafina e borracha (Dourado, 1998).

Estes microorganismos ingerem e digerem substâncias orgânicas transformando-as principalmente em dióxido de carbono e água. O desenvolvimento desses microorganismos e conseqüentemente a eficiência do sistema são função da temperatura, quantidade de nutrientes e oxigênio (Dourado, 1998; Tiburtius et al, 2004).

A biorremediação pode ser usada para descontaminação de solo ou água e são classificadas em duas grandes categorias: *in-situ* e *ex-situ*. Nas remediações *in-situ*, o tratamento do solo ou da água subterrânea contaminada é feito no próprio local. São mais eficazes em solos permeáveis, como os arenosos. As medidas biocorretivas *ex-situ* consistem em escavar o solo contaminado ou extrair a água subterrânea por bomba para aplicar o tratamento em outro local. Apresentam uma maior versatilidade para o tratamento de grande número de contaminantes e tipos de solo (Dourado, 1998; Tiburtius et al., 2004).

8.3 Atenuação Natural

O termo atenuação natural possui diversas denominações bioatenuação, biorremediação intrínseca, remediação natural e atenuação natural monitorada (ANM).

No processo de atenuação natural, processos de subsuperfície como diluição, volatilização, biodegradação, adsorção e reações químicas com os materiais presentes em subsuperfície permitem reduzir a concentração dos contaminantes a níveis aceitáveis de maneira natural. A atenuação natural não é uma tecnologia que age sozinha, sem monitoramento ou acompanhamento. Suas considerações requerem modelagem da evolução dos contaminantes, taxas de

degradação e refinamento dos modelos de exposição. O princípio é demonstrar que os processos naturais podem degradar os contaminantes, reduzindo suas concentrações a níveis aceitáveis. Amostragens e análises químicas deverão ser realizadas durante o processo, para se confirmar se a taxa de degradação está condizente com as metas de remediação (Nicoletti, 2000; Sracek et al., 2001).

A atenuação natural não é uma “não ação”, embora seja freqüentemente encarada como se fosse. Esta é largamente utilizada em outros países; devendo ser utilizada para se determinar concentrações e tempos de remediação. É necessária uma extensa caracterização da área (Nicoletti, 2000; Sracek et al., 2001).

Os grupos alvos de contaminantes da atenuação natural são os compostos orgânicos voláteis não halogenados VOCs (*Volatile Organic Chemicals*), os semi-voláteis SVOCs (*Semivolatile Organic Compounds*) e combustíveis derivados de petróleo.

Fatores que podem limitar a aplicabilidade e eficiência do processo são: os dados coletados para se determinar os parâmetros do modelo; requerem modeladores de alta experiência técnica; as degradações intermediárias podem ser mais móveis e seus produtos mais tóxicos do que o contaminante original; a atenuação natural deve ser utilizada em áreas onde não ocorram impactos para receptores; os contaminantes podem migrar antes de serem degradados (Nicoletti, 2000; Sracek et al., 2001).

Dados para se realizar a modelagem, amostragens e análises químicas são necessários para justificar e monitorar a atenuação natural. A extensão da degradação depende de vários parâmetros como: tipos e concentrações de contaminantes, umidade, nutrientes disponíveis, oxigênio presente, entre outros.

São informações necessárias os dados de solo e água subterrânea; distribuição tri-dimensional da fase livre e residual dos contaminantes, que pode ser usada para definir a extensão da pluma dissolvida; dados geoquímicos do

solo e água subterrânea e as características químicas dos contaminantes (Nicoletti, 2000; Sracek et al., 2001).

Os microorganismos existentes na sub-superfície degradam os contaminantes com o tempo, atingindo assim os objetivos de remediação.

A remediação é demonstrada através da redução da pluma de contaminação e do incremento dos produtos de degradação dos compostos originais. Áreas com elevado grau de contaminação do solo deverão ser removidas ou a pluma irá se expandir (Nicoletti, 2000; Sracek et al., 2001).

8.4 Extração de Vapores do Solo - Soil Vapor Extraction (EVS / SVE)

O sistema de extração de vapores (SVE) é uma tecnologia de remediação aplicada à zona não saturada e franja capilar, onde o vácuo é aplicado para induzir o fluxo controlado de ar. O fato de o processo envolver fluxo contínuo de ar no solo promove biodegradação *in-situ* dos compostos de baixa volatilidade que podem estar presentes. Extrações verticais e extrações horizontais podem ser instaladas como garantia. Os dados necessários incluem a profundidade e área de extensão da contaminação, a concentração de contaminantes, a profundidade do nível d'água, o tipo de solo e as propriedades do mesmo. Um rebaixamento do lençol freático pode ser recomendável. Grandes intervalos de filtro são necessários, mas pode resultar em envio de fluxo de gás para regiões não contaminadas. O gás retirado deve passar por uma estação de tratamentos de vapores. O controle da emissão gasosa pode ser necessário para eliminar possíveis danos ao público e ao meio ambiente (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Fatores como umidade e quantidade de matéria orgânica afetam a eficiência do sistema. Solos compactos ou com mais de 50% de umidade requerem muito vácuo podendo impedir a operação do SVE (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

O grupo alvo de contaminantes do SVE são os Compostos Orgânicos Voláteis como a gasolina. A tecnologia é aplicada somente para compostos voláteis com constante da lei de Henry acima de 0,01 ou pressão de vapor maior que 0,5 mmHg (0,02 polegadas de Hg). Limitado a “sítios” com média a alta permeabilidade (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.5 Air Sparging

Air Sparging é uma tecnologia *in-situ*, que introduz ar no aquífero contaminado para produzir borbulhamento na água criando uma aeração que remove os contaminantes por volatilização. O *Air Sparging* deve ser utilizado em conjunção com um sistema de Extração de Vapores (SVE) (Nobre et al, 2003; Tiburtius et al, 2004).

Trata-se de uma tecnologia de remediação aplicada à zona saturada associada ao SVE empregado na zona não saturada. As bolhas de ar são atravessadas horizontalmente e verticalmente pela coluna de solo (Nobre et al, 2003; Tiburtius et al, 2004).

Esta tecnologia é utilizada para operar com altas taxas de fluxo de ar, para se manter constante contato entre a água e o solo e propiciar mais aeração da água subterrânea. Os grupos alvos de contaminantes do *Air Sparging* são tanto para os contaminantes voláteis como para os biodegradáveis como a gasolina e o diesel.

A eficiência do método é função da permeabilidade gasosa na zona não saturada, taxa de fluxo d'água, permeabilidade do aquífero, volatilidade do contaminante e a sua solubilidade. São fatores limitantes do processo a profundidade da contaminação e do nível d'água local, injeção de ar projetada para condições específicas, uniformidade do fluxo de ar através da zona não saturada. Limitado a sítios com média ou alta condutividade hidráulica (Nobre et al, 2003; Tiburtius et al, 2004).

8.6 Bioventing

Bioventing é uma nova tecnologia que estimula a biodegradação natural *in-situ* dos hidrocarbonetos de petróleo no solo, através do fornecimento de oxigênio para os microorganismos existentes no mesmo.

Em contraste com a extração de vapores à vácuo no solo, o *Bioventing* utiliza baixas taxas de fluxo, sendo o suficiente, apenas para manter a atividade biológica. O ar deverá passar através do solo em quantidades suficientes para manter as condições aeróbicas para realizar a biodegradação. Um teste piloto deve ser realizado para determinar a permeabilidade do ar no solo e as taxas de respiração. O tamanho dos grãos e a umidade do solo têm influência significativa na permeabilidade gasosa do solo. Uma combinação do lençol freático profundo e solos com baixa granulometria tornam o *Bioventing* inviável para determinados locais. A atividade microbiológica é função do pH, nutrientes básicos, nitrogênio, fósforo, temperatura (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

A técnica do Bioventing tem sido utilizada com sucesso para remediar solos contaminados por hidrocarbonetos de petróleo, solventes clorados, alguns pesticidas, preservativos de madeira e outros orgânicos químicos.

Aplicável à sítios onde os contaminantes são pouco ou não voláteis como o diesel; limitado a sítios com média a elevada permeabilidade. Não promove o tratamento da zona saturada, isto é no aquífero (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.7 Biosparging

Biosparging é uma técnica de remediação na qual ocorre injeção de ar na zona não saturada a fim de produzir oxigenação à biota. Biota é o conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente geológico, como, por exemplo, biota marinha. O volume de fluxo de ar utilizado neste sistema não é o mesmo necessário para se produzir a volatilização do contaminante. Portanto, o controle da formação de canais de ar, a captura e a

distribuição são menos significativas sob baixas pressões (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

O processo de *Biosparging* ocorre através da injeção de ar necessária para o aumento da taxa de biodegradação na zona saturada. Entretanto tem-se notado que o tempo necessário para aumentar o nível de oxigênio dissolvido depende da difusão de oxigênio nos arredores dos canais de ar. Deve existir um bom controle da evolução das mudanças de oxigênio dissolvido (OD) nos poços de monitoramento após o início do processo.

Na maioria das situações naturais, a biodegradação aeróbica de compostos biodegradáveis na zona saturada é limitada pela taxa de oxigênio disponível. Concentrações típicas de OD em águas subterrâneas não contaminadas são inferiores a $4,0 \text{ mg L}^{-1}$, em condições de aplicação do *Biosparging* a taxa de OD eleva-se a $6,0$ a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ sob condições de equilíbrio. Este incremento nos níveis de OD contribui para o aumento da taxa de biodegradabilidade aeróbica na zona saturada (Nobre et al., 2003).

Os tipos de contaminantes aplicáveis ao *Biosparging* são os contaminantes não volatilizáveis, mas extremantes biodegradáveis.

O desempenho do sistema *Biosparging* está diretamente relacionado à distribuição do ar (zona de influência), profundidade de injeção de ar, pressão da injeção de ar e a taxa de fluxo, modo de injeção (pulso ou contínuo), construção dos poços de injeção e tipo de contaminante e distribuição. O sucesso da implantação do sistema *Biosparging* depende da seleção apropriada dos equipamentos no processo. Os componentes do sistema *Biosparging* são: compressor de ar ou ventilador; tubulações para conectar o compressor; filtros de ar; instrumentação e controle (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.8 Biopilhas

Biopilhas são utilizadas para reduzir concentrações de hidrocarbonetos de petróleo presentes no solo através da biodegradação. Essa técnica envolve a

disposição do material contaminado em pilhas e a estimulação da atividade aeróbica microbiana através de aeração e/ou adição de nutrientes e aumento da umidade do solo. O aumento da atividade microbiana resulta na degradação do produto de petróleo adsorvido através da respiração microbiana, reduzindo as concentrações desses contaminantes (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

As Biopilhas são eficientes na redução da concentração da maioria dos produtos derivados de petróleo. Os produtos do petróleo mais leves (mais voláteis), como as gasolinas, tende a ser removidos por evaporação durante o processo de aeração e são menos degradáveis pela respiração microbiana. Os produtos de cadeia média, como diesel e querosene, possuem uma biodegradação mais significativa que a evaporação.

Biopilhas são tipicamente construídas sobre uma base impermeável para reduzir o potencial de migração do lixiviado para a subsuperfície. É coberta com uma membrana impermeável para prevenir a liberação de contaminantes e/ou solo contaminado para o ambiente e, para proteger o solo de ventos e chuvas (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Mostra-se uma técnica de remediação eficiente por destruir os contaminantes, promovendo uma redução na toxicidade, e por se mostrar como um sistema relativamente simples de se implantar.

O tratamento por Biopilhas é controlado por processos biológicos onde contaminantes biodegradáveis são convertidos aos seus constituintes minerais básicos (água e dióxido de carbono) sob condições aeróbicas. O solo é escavado, preparado, colocado em pilhas, e aerado para promover a biodegradação. Na maioria dos casos, a biodegradação é atingida por microorganismos endógenos. A eficiência máxima da degradação é atingida através da manutenção da quantidade de água, pH, aeração, temperatura e fração de carbono/nitrogênio.

Para a implantação do sistema de Biopilhas é necessário que seja realizada a preparação do local; preparação da base; coleta do lixiviado; aeração;

adição de água; adição de nutrientes; correção microbiológica; construção da pilha (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.9 Extração Multi-fase - Multiphase Extraction (MPE) ou Bioslurping

O Sistema de Extração Multi-fase combina as técnicas de bioventilação e remoção de massa a vácuo, possibilitando a extração da fase livre, fase vapor, fase dissolvida na matriz do solo e estimulando o processo de biodegradação natural na zona não saturada (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

A extração multi-fase ocorre por meio da instalação de um sistema de ventilação de alto vácuo em poços de extração distribuídos na área de interesse, visando criar uma zona de influência do sistema em toda a extensão da pluma de contaminação com o estímulo a biodegradação através do aumento do fluxo de ar (oxigênio) no solo.

Através da aplicação do vácuo nos poços de extração cria-se um gradiente de pressão dirigido para estes pontos, nos quais será extraída a fase livre, vapor e dissolvida do contaminante. O gradiente de pressão é diretamente proporcional ao vácuo aplicado, logo, a eficiência na extração das diferentes fases do contaminante será função do sistema a ser implantado. A mistura bombeada deve ser direcionada para uma caixa separadora de água e óleo, sendo o combustível recuperado armazenado em tambores e a água contaminada destinada para tratamento em filtro de carvão ativado para posterior reinjeção. O vapor extraído é direcionado para um sistema de carvão ativado e lançado na atmosfera (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

O sistema possui um dispositivo de auto-operação a partir de temporizadores, os quais devem ser ajustados para intervalos de tempo de operação que aperfeiçoem a extração do contaminante da zona não saturada.

No Sistema de Extração Multi-fase promove-se o acompanhamento do desempenho de extração da fase livre e da fase vapor na área do posto de gasolina a ser remediado tomando como base a velocidade de extração; vazão e

volume de água; pressão; VOC; pH; potencial de oxiredução; condutividade; volume recuperado de fase livre; nível d'água dos poços de monitoramento; espessura de fase livre (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Pode ser utilizado em sítios com baixa permeabilidade e condutividade hidráulica. O tempo de remediação é reduzido quando comparado aos sistemas convencionais (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.10 Barreiras reativas permeáveis (BRPs)

A seguir são descritos tipos de barreiras empregadas para remediação:

Paredes de lama - São paredes verticais escavadas e preenchidas com lama estabilizante, preparada com bentonita e água ou cimento, bentonita e água. A lama forma uma película de baixa condutividade hidráulica que promove a estabilização da trincheira escavada. Três tipos de parede de lama podem ser usados para conter e isolar o contaminante: parede solo-bentonita, bentonita - cimento e parede composta empregando geomembrana no interior da parede. O emprego de parede composta é apropriado onde ocorre alto nível de poluição, existência de produtos químicos agressivos e migração de gás (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Cortinas de estaca prancha e cortinas injetadas - Cortinas de estaca prancha são paredes verticais construídas da cravação de perfis metálicos, madeira ou concreto justaposto, que se presta à retenção de água e solo. Cortinas injetadas são paredes verticais construídas da mistura de solo com caldas químicas injetadas (silicatos, resinas e polímeros) (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Bio-barreiras - Emprego de bactérias para formar um biofilme destinado a conter ou reduzir a migração de plumas de contaminantes num meio altamente permeável (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

As paredes de lama são usadas para conter água subterrânea contaminada e isolar contaminantes. As paredes compostas com geomembrana são usadas no controle de percolação de gás em aterros sanitários e industriais.

As cortinas de estaca prancha e cortina injetada são usadas em obras geotécnicas tradicionais (barragem, escavação e contenção de solo e água). Sua aplicação é limitada como tecnologia de remediação, devido à integridade do sistema de contenção e percolação potencial de contaminantes através de "fendas" na cortina, tais como zonas de alta permeabilidade entre as cortinas injetadas ou no intertravamento das estacas pranchas.

As bio-barreiras necessitam de desenvolvimento de pesquisas adicionais antes do emprego dessa tecnologia em aplicações práticas (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.11 Pump-and-treat (bombeamento e tratamento)

O processo consiste na extração de águas contaminadas do subsolo e tratamento *ex-situ* de efluentes para satisfazer critérios ambientais pré-estabelecidos. É um dos métodos mais comuns no tratamento de aquíferos contaminados. O tratamento da água pode ser realizado por diferentes processos como sistemas de *air stripping* para a remoção dos compostos voláteis, carvão ativado para constituintes dissolvidos e sistemas biológicos para poluentes biodegradáveis. A reinjeção de águas tratadas no subsolo, além de reduzir custos na disposição de efluentes, pode promover maiores taxas de lavagem do solo, diminuindo o tempo de remediação (Tiburtius et al, 2004; Nobre et al, 2003).

8.12 Processos de imobilização por solidificação ou encapsulamento ou vitrificação

São processos que promovem a remoção de águas dos resíduos e ou de mudança de sua estrutura química de modo a tornar o resíduo inerte através de processos químicos e ou térmicos. A vitrificação é o processo onde o resíduo é submetido a temperaturas elevadas entre 1600 a 2000 °C para sua inertização. O

resultado é um material vítreo e cristalino, quimicamente estável e resistente à lixiviação. São utilizados para compostos de hidrocarbonetos clorados, metais e radionuclídeos (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

8.13 Incineração

Os materiais escavados são incinerados para a extração de compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis. A técnica é utilizada para compostos de hidrocarbonetos clorados e pesticidas (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

Em trabalhos consultados nota-se o crescente uso de tecnologias alternativas, em complemento aos sistemas de contenção hidráulica convencionais, como forma de melhorar o desempenho das técnicas por meio de maior remoção dos contaminantes. As tecnologias *in-situ* ganham maior destaque, com redução nos custos de instalação, operação e monitoramento.

O padrão evolutivo da remediação vem focalizando em soluções cada vez menos evasivas, com destaque para o processo de atenuação natural monitorada. Entretanto, devido ao maior tempo necessário para atingir as metas de descontaminação, as novas soluções devem ser aplicadas em complemento às tecnologias convencionais já existentes (Nobre et al., 2003; Furtado, 2005).

9 ASPECTOS LEGAIS RELATIVOS À ATIVIDADE DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS, À EXPLORAÇÃO DE POÇOS ARTESIANOS E USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

9.1 Aspectos legais relativos à atividade de postos e sistemas retalhistas de combustíveis

A Agência Nacional do Petróleo – ANP, entidade integrante da administração federal indireta é o órgão regulador da indústria do petróleo vinculado ao Ministério de Minas e Energia. A revenda de combustível é considerada atividade de utilidade pública, regulamentada pela Lei Federal nº 9.478 de 6 de agosto de 1997 (Brasil, 1997) , chamada Lei do Petróleo. A Lei do Petróleo estabelece como finalidade da ANP regulamentação, contratação e fiscalização do setor, incentivando a livre concorrência e o desenvolvimento nacional, com responsabilidade pela preservação do interesse público e do meio ambiente.

A revenda de combustível é definida como a revenda a varejo de combustíveis, lubrificantes e gás liquefeito envasado, exercida por postos revendedores de combustíveis, mediante autorização da ANP.

Duas portarias complementam a Lei do Petróleo na regulamentação da atividade do comércio varejista de combustíveis. A Portaria nº 9 de 16 de janeiro de 1997 do Ministério de Minas e Energia, que dispõe sobre a atividade de revenda varejista de combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos e a Portaria nº 116 de 5 de julho de 2000 (ANP, 2000) da própria ANP, que faculta ao revendedor a possibilidade de comprar combustíveis da empresa que lhe oferecesse melhores condições comerciais, tornando essa atividade um negócio mais atrativo.

Deve-se considerar que a partir de 1990 com a abertura do mercado para a importação de veículos e a produção de carros populares, ocorreu um aquecimento do mercado de revenda de combustíveis automotivos.

A lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 (Brasil,1981), que dispõe sobre Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto Federal nº 99.274 de 6 de junho de 1990 (Brasil, 1990), já citava que as atividades de troca de óleo, lavagem de veículos, armazenamento de combustíveis, geração de resíduos e emissão atmosféricas são atividades potencialmente poluidoras.

A Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000 (Brasil, 2000) complementada pela Resolução CONAMA nº 319, de 04 de dezembro de 2002 (Brasil, 2002), obriga os postos de combustíveis a obter licenciamento ambiental. A Resolução determinou a obrigatoriedade do licenciamento ambiental de postos de gasolina, postos de abastecimentos próprios (indústrias, comércio, repartições públicas, autarquias) e postos flutuantes, sendo extensivo a todos os empreendimentos novos ou já existentes, assim como nos casos de reforma e ampliação das instalações.

O não cumprimento da citada Resolução sujeitará os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento ou pelos equipamentos a penalidades como multas, suspensão total ou parcial das atividades dos postos, cancelamento da licença de funcionamento ou de permissão para continuar operando, dentre outras medidas.

No estado de São Paulo, a CETESB, através de suas Agências Ambientais, já exercia a ação de fiscalização e controle em caráter corretivo mediante aplicação de penalidades de advertências e de multas a postos de combustíveis desde 1984, com base na Lei Estadual nº 997 de 31 de maio de 1976 (São Paulo-A, 1976) e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 8.468 de 8 de setembro de 1976 (São Paulo-B, 1976).

A partir de maio de 2001, a CETESB convocou os proprietários dos postos de gasolina, postos de abastecimentos próprios (garagens de ônibus,

indústrias) e postos flutuantes para dar início ao cadastramento e ao processo de obtenção de Licença de Funcionamento e encerrou em maio de 2005 essa convocação. Os empreendimentos instalados depois de 28/03/2001, já se enquadram a essa legislação e devem obter as Licenças Prévia, de Instalação e de Funcionamento, quando da implantação dos equipamentos.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo e a CETESB através dos Decretos Estaduais 47.397 e 47.400, de 5 de dezembro de 2002, aperfeiçoaram os mecanismos de licenciamento ambiental com o objetivo prevenir e controlar mais efetivamente a poluição ambiental no estado de São Paulo. A legislação paulista inova ao dividir a responsabilidade pelos equipamentos entre o proprietário do posto e a distribuidora, dona dos equipamentos. Os licenciamentos terão validade de um a cinco anos, dependendo das adequações que o estabelecimento tenha que fazer (São Paulo, 2002).

O município de Santo André foi o primeiro município no estado de São Paulo a assumir o licenciamento para empreendimentos de impacto ambiental local. O convênio, que permite a transferência de competência da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) para o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) foi assinado em 31 de julho de 2003 (CETESB-G, 2005). Leis Municipais nº 8.498 e nº 8.499 de 21 de maio de 2003, que autorizaram os convênios com a CETESB e Secretaria do Meio Ambiente (SEMASA – A,B, 2003) e o Decreto Municipal nº 15.091 de 8 de julho de 2004 dispõe sobre os procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades no município de Santo André (SEMASA, 2004).

Lei mais recente sobre o tema é do governo do estado de São Paulo, a Lei nº 11.929, de abril de 2005 (São Paulo, 2005) dispõe que será cassada a eficácia da inscrição, no cadastro de contribuintes do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, do estabelecimento que adquirir distribuir, transportar, estocar ou revender derivados de petróleo, gás natural e suas frações recuperáveis, álcool etílico hidratado,

carburantes e demais combustíveis líquidos carburantes, em desconformidade com as especificações estabelecidas pelo órgão regulador competente.

A partir de 1992, fabricantes de equipamentos juntamente com representantes de companhias de petróleo, da Prefeitura do Município de São Paulo, CETESB, Corpo de Bombeiros passaram a elaborar com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, uma série de normas voltadas para os equipamentos e acessórios do SASC, tomando como referências normas internacionais principalmente a norte-americana (Gouveia, 2004).

Essas normas tratam da construção, instalação e sistemas de proteção de tanques subterrâneos, detecção de vazamentos em SASC, poços de monitoramento para detecção de vazamentos, controle de estoque e remoção e destinação de tanques usados, entre outras.

A CETESB no estado de São Paulo é quem fornece a licença ambiental para os postos de combustíveis, obrigando-os a fazer um estudo do subsolo e do lençol freático para descobrir se houve ou não vazamento dos tanques destes postos.

9.2 Aspectos legais sobre a transformação e ampliação das atribuições do órgão ambiental municipal de Santo André

O Serviço Municipal de Saneamento Ambiental - SEMASA é o órgão ambiental do município de Santo André. Criado em 1968 como o setor responsável pela distribuição de água e coleta de esgoto no município. A partir de 1997, teve suas atribuições ampliadas, assumindo a drenagem e o combate às enchentes do município e em 1998 todo o trabalho com Resíduos Urbanos (coleta e destino final) e no final de 1998, através da Lei Municipal nº 7.733 de 14 de outubro de 1998 (Santo André, 1998), tornou-se o órgão ambiental local e em 2001, assumiu a Defesa Civil.

Assim como o SEMASA, os demais órgãos tais como a CETESB, a Vigilância Sanitária e a ANP, entre outros, tiveram suas atribuições ampliadas

adequando-se para implantar as novas legislações. Dessa forma, o trabalho teve uma evolução bem maior, a partir de 2004, com a disponibilidade de maiores informações destes órgãos.

9.3 Aspectos legais relativos à exploração de poços artesianos e usos das águas subterrâneas

Se uma pessoa quiser fazer uso das águas de um rio, lago ou mesmo de águas subterrâneas terá que solicitar uma autorização, concessão ou licença (Outorga) ao Poder Público. O uso refere-se à captação de água para processos industriais ou agrícolas (irrigação), ao lançamento de efluentes industriais ou urbanos, ou ainda à construção de obras hidráulicas como barragens, canalização de rios, execução de poços profundos. No estado de São Paulo cabe ao Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE o poder outorgante, a partir do Decreto nº 41.258 de 31 de outubro de 1996 (DAEE, 1996).

O DAEE iniciou em fevereiro de 2005, a atualização de seu banco de dados com o cadastramento de grandes usuários urbanos de água, especialmente serviços de abastecimento público e industrial (São Paulo, 2005).

A Portaria 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, fornece valores máximos permitidos para padrões de potabilidade para substâncias químicas que representem risco a saúde. Estabelece como padrão de aceitação para consumo humano, o limite máximo de 5 $\mu\text{g L}^{-1}$ para o benzeno, de 0,2 mg L^{-1} o etilbenzeno, de 0,17 mg L^{-1} o tolueno, de 0,3 mg L^{-1} os xilenos (Brasil, 2004).

O Brasil não dispõe de legislação estabelecendo os parâmetros de qualidade para o solo e para as águas subterrâneas. São Paulo é o primeiro estado brasileiro a dispor de valores de referências de qualidade próprio para a avaliação dos graus de poluição de solo e das águas subterrâneas. A CETESB estabeleceu critérios, valores e padrões para o controle da presença de metais e substâncias orgânicas nesses meios. Os valores orientadores para solos e águas

subterrâneas são aplicados tanto na prevenção da poluição como no controle das áreas contaminadas (CETESB-E, 2002; CETESB-F, 2005).

O estado de São Paulo através da Resolução SS-45 de 31 de Janeiro de 1992 (São Paulo, 1992) instituiu o Programa de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano – PROÁGUA e aprova diretrizes para a sua implantação, no âmbito da Secretaria da Saúde. A Resolução SS-4 de 10 de Janeiro de 2003 (São Paulo, 2003), estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no estado de São Paulo e dá outras providências.

Em 13 de dezembro de 2005 foi aprovado projeto de lei do estado de São Paulo que prevê a cobrança pelo uso da água. Hoje o consumidor que já paga pela distribuição da água, agora será tarifado também pela captação, utilização e disposição dos resíduos liberados na forma de efluentes líquidos, regulamentação prevista para março de 2006. A cobrança atingirá quem utiliza água de rios, represas e aquíferos subterrâneos, inclusive poços (Brasil, 2006).

Ainda não são todos os países que possuem legislação estabelecendo perímetro de proteção em torno de captações de água subterrânea, porém, a preocupação em preservar os recursos hídricos é crescente e, vários países já os adotam como medida preventiva para manter a qualidade destas águas. As limitações e os critérios variam de um país para outro, contudo, existe um fator comum que é representado pela delimitação de áreas de primeira, segunda e terceira ordem, com contornos superficiais crescentes a partir da captação, nos quais as atividades humanas ficam sujeitas a restrições e controle numa proporção cada vez menos rigorosa a medida que se afasta do ponto de captação.

Em 8 de agosto de 1945, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), editou o Código de Águas Minerais através do Decreto-Lei nº 7.841(DNPM, 1945).

Em 28 de julho de 1997 a Portaria do DNPM nº 222, aprovou o Regulamento Técnico no 001/97 que dispõe sobre as especificações técnicas para o aproveitamento das águas minerais e potáveis de mesa (DNPM, 1997).

Em 31 de julho de 1998 a Portaria do DNPM nº 231, atendendo ao que estabelece o Artigo nº 12 do Decreto-Lei nº 7.841/45 resolve que os titulares de alvará devam apresentar a “área de proteção” de suas fontes (DNPM, 1998).

No estado de São Paulo, a Lei Estadual nº 6.134 de 2 de junho de 1988, regulamentada pelo decreto nº 32.955 de 7 de fevereiro de 1991, dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do estado através de programa permanente de proteção e conservação. Este Decreto apresenta a seguinte classificação de três áreas para área de proteção: área de proteção máxima, área de restrição e controle e área de proteção de poços e outras captações. Estabelece ainda que, nas áreas de proteção de poços e outras captações, deve ser instituído o “perímetro imediato de proteção sanitário” (10 metros de raio a partir do ponto de captação) e o “perímetro de alerta contra poluição” (distância equivalente ao tempo de trânsito de 50 dias do fluxo das águas subterrâneas) (São Paulo, 1988).

Apesar da legislação do estado de São Paulo estabelecer critérios para a preservação de seus recursos hídricos, não define claramente perímetros de proteção para captações de água por fontes e nascentes naturais.

10 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Santo André, na porção sudeste do estado de São Paulo, faz parte da Região Metropolitana de São Paulo, localiza-se aproximadamente entre as coordenadas geográficas 23° 36'a 23° 58'S e 46° 17'a 46° 37'W, a 18 km da capital do estado – São Paulo, (Santo André - A, 2005). A área total do município é 174,38 km², 55,13 % das quais são áreas de Proteção aos Mananciais. A população do município é de 665.923 habitantes (IBGE, 2004).

Santo André situa-se na Região do Grande ABC, que abrange sete municípios da RMSP é composta por outros seis municípios: São Bernardo do Campo, São Caetano, Diadema, Mauá, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires. As distâncias rodoviárias entre Santo André e os municípios limítrofes podem ser observados na TAB. 12.

TABELA 12 - Distância rodoviária de Santo André aos municípios limítrofes

Município	Distância Rodoviária
São Bernardo do Campo	5
São Caetano do Sul	5
Mauá	10
São Paulo (Capital)	18
Ribeirão Pires	16
Rio Grande da Serra	20
Cubatão	23
Suzano	41
Santos	52
Mogi das Cruzes	55

Seus municípios limítrofes são a capital São Paulo ao norte, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Suzano a nordeste, Mogi das Cruzes a leste, Santos e Cubatão a sudoeste e São Caetano do Sul a noroeste (Santo André-A, 2005).

A FIG. 15 destaca os municípios que compõem a Grande ABC e seus municípios vizinhos a FIG. 16 apresenta uma Imagem de Satélite do município de Santo André, destacando Região Urbana e a área de Proteção Ambiental.

FIGURA 15 - Destaca os municípios que compõem o Grande ABC (PMSA, 2005)

FIGURA 16 - Foto de uma Imagem de satélite mostrando a distribuição do uso e ocupação do solo do município de Santo André, com destaque da região urbana (rosa) e a região de proteção ambiental/mata Atlântica remanescente (verde) (Fonte: SEMASA, 2003).

10.1 Elementos fisioclimáticos

Os condicionantes hidrogeológicos de uma região são compreendidos, principalmente, por dois importantes fatores: geológicos e climáticos.

Os fatores geológicos indicam, em geral, as condições e a distribuição das estruturas responsáveis pelo armazenamento e circulação da água, enquanto que os fatores climáticos determinam os parâmetros de recarga.

Os fenômenos de ocupação do meio, caracterizados pela urbanização, industrialização, disposição de resíduos e efluentes industriais e domésticos, constituem informações necessárias e importantes para a compreensão e determinação dos aspectos hidrogeológicos de uma região.

Os dados fisioclimáticos mostram uma visão dos principais aspectos que influenciam as condições hidrogeológicas da região em estudo (Valle, 1997).

10.2 Clima

O clima de Santo André é do tipo tropical temperado de altitude. As médias anuais apresentam temperatura oscilando em torno de 20°C, observando-se temperatura média máxima em torno de 25°C e média mínima em 16°C. As médias mensais de temperaturas elevadas ocorrem no período de novembro a março, atingindo valores máximos principalmente nos meses de janeiro e fevereiro. O clima na região de estudo é afetado pelo crescimento industrial e urbano, o que faz gerar modificações nos sistemas naturais, como diminuição da infiltração de água da chuva e da evaporação da água do solo. Altera-se desta forma, o escoamento superficial da água e o comportamento atmosférico (Valle, 1997).

A determinação e o entendimento dos fatores pluviométricos são de extrema importância quando se estuda o fator vinculado à hidrogeologia.

10.2.1 Índice pluviométrico

A variação da pluviosidade tem um aumento para sul, nos domínios montanhosos tendo valores médios anuais entre 2000 mm e 4000 mm, e na parte urbana, com resultados médios anuais inferiores a 1400 mm (Valle, 1997). A FIG. 17 apresenta os índices de pluviosidade nas várias áreas do município de Santo André.

FIGURA 17 - A distribuição da pluviosidade nas várias áreas do município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004)

10.3 Fisiografia

Dentre os aspectos fisiográficos em um estudo hidrogeológicos ambiental, é de interesse ressaltar a vegetação, a hidrografia, a topografia e o solo.

10.3.1 Vegetação

A cobertura vegetal e o solo constituem a parcela dos processos hídricos de superfície responsáveis pela interceptação da água meteórica antes do contato com o aquífero. A ausência de cobertura vegetal acelera a ação dos processos intempéricos, erosões no solo, possibilitando uma maior vulnerabilidade do aquífero. No que concerne a cobertura vegetal, o município de Santo André apresenta uma expressiva diferença que está intimamente vinculada à ocupação urbana e industrial. No município, parte da vegetação é constituída por floresta tropical úmida de altitude (mata secundária), preservada em várias áreas, onde inclusive há a isenção da poluição proveniente do pólo industrial e de Cubatão. Têm-se estas características junto às vertentes da Serra do Mar, nas nascentes do rio Grande e Pequeno e no Parque Pedroso. No vale do rio Mogi, nas imediações da represa Billings e Paranapiacaba, a vegetação mostra-se alterada em função da poluição.

Na zona urbana, existem poucos focos de cobertura vegetal, restringindo-se aos locais de grande declividade e alguns parques regionais (Valle, 1997).

A periferia da área urbana é caracterizada por locais de topografia acidentada, evidenciando também a ocupação, em vários pontos, por residências de população de baixa renda. Nestes morros praticamente inexistente cobertura vegetal (Valle, 1997).

A FIG. 18 apresenta a distribuição da cobertura vegetal no município de Santo André.

FIGURA 18 - A distribuição da cobertura vegetal no município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004)

10.3.2 Hidrografia

Quanto a hidrografia, o município apresenta de sua área total (174 Km²), 55,13 % correspondentes à área de proteção aos mananciais. Possui cinco bacias hidrográficas, compostas por rios, córregos e ribeirões, sendo três na zona urbana e duas na área de proteção aos mananciais. É distinta a diferença de características. Na zona urbana, as bacias são direta e permanentemente afetadas pelos esgotos domésticos e industriais, causando assoreamento e problemas de poluição. Na área de proteção aos mananciais, as bacias cumprem papel de fundamental importância para a RMSP, pois lá se encontram nascentes e depósitos superficiais de água utilizados para o abastecimento e geração de energia elétrica. Nesta área, estão situadas as bacias do rio Mogi, que escoam suas águas rumo ao mar, formando diversas cachoeiras e corredeiras, e a bacia do reservatório Billings. A bacia do reservatório Billings é composta pelas sub-bacias do Rio Grande, que tem nascente próxima às vertentes da Serra do Mar, em Paranapiacaba, que confluem para a formação do rio Grande e pela sub-bacia do rio Pequena, originada por nascentes localizadas em um ponto mais abaixo que as vertentes da Serra do Mar, formando na confluência o reservatório do rio Pequeno (Valle, 1997).

Na área urbana estão localizadas as bacias hidrográficas do ribeirão dos Meninos, do ribeirão Oratório e do rio Tamanduateí. Esta última ocupa 53% da hidrografia da área urbana.

Na área do município, os afluentes do rio Tamanduateí são:

Margem direita: córrego Sorocaba

córrego André Ramalho

córrego Comprido

córrego Jundiá e seus afluentes

Margem esquerda: córrego Cassaquera e seus afluentes

córrego Guarará e seus afluentes

córrego Apiaí

córrego Carapetuba

córrego Cemitério

córrego Beraldo

córrego Utinga

A FIG. 19 apresenta a hidrografia do município de Santo André.

O rio Tamanduateí nasce no município de Mauá, atravessa os municípios de Santo André, São Caetano do Sul e São Paulo e deságua no rio Tietê, em sua margem esquerda. O município de Santo André, desde a década de 50, sedia um grande número de indústrias químicas e petroquímicas. A partir da década de 70, dutos subterrâneos da Petroquímica União transportam matérias primas provenientes de diversas localidades, transformando-as em dezenas de produtos para serem distribuídos para indústrias de todo território nacional. O município também é sede de grandes fundições, metalúrgicas, laminação, alumínio e borracha.

FIGURA 19 - Hidrografia do município de Santo André (adaptado da PMSA, 2004)

10.4 Aspectos geológicos

O conhecimento da geologia da bacia sedimentar de São Paulo é importante no diagnóstico ambiental em áreas de seu domínio.

10.4.1 Geomorfologia

A Bacia Sedimentar de São Paulo situa-se na unidade geológica, conhecida no estado de São Paulo, como Planalto Atlântico. A bacia tem formato aproximadamente elíptica, de 60 x 30 km, com duas ramificações que acompanham o vale do Rio Tietê.

O relevo topográfico é caracterizado por uma paisagem de sucessões de colina suaves com altitude média em torno de 760 m. Os terrenos sedimentares encontram-se mais baixos que os terrenos cristalinos. Esta configuração tem grande importância na análise dos impactos da urbanização e industrialização na bacia, pois para ai convergem as águas que escoam pela rede de drenagem superficial e subterrânea da área circunvizinha (Pacheco, 1984).

10.4.2 Aspectos hidrogeológicos

No que concerne ao ciclo hidrológico, as águas subterrâneas representam o segmento que circula pelo subsolo através dos espaços intergranulares dos mantos de alteração, de falhas e fissuras em rochas compactas e canais de dissolução de terrenos cáusticos. A água subterrânea está retida nas diferentes fases do subsolo, em compartimentos denominados aquíferos. Estes são corpos cujos espaços intersticiais estão preenchidos em sua totalidade por água, e que apresentam melhores características de porosidade e permeabilidade, o suficiente para transmitir água em quantidade utilizável. Os aquíferos podem aflorar na superfície, ou estar total ou parcialmente confinados por corpos impermeáveis. Estes corpos confinantes são denominados aquícludes. Já, se um corpo permite determinada permeabilidade no sentido vertical, mas com características que impedem o transporte lateral da água, são classificados como aquítards, podendo assim, de acordo com as condições, os aquíferos ser

chamado de semiconfinado. Na maioria das vezes, a interação dos aquíferos livre com o meio físico se dá pela zona não saturada, que proporciona uma relativa proteção bio-físico-química das águas então presentes na zona. A zona saturada é caracterizada pelos aquíferos, e a zona não saturada pela porção superficial que antecede a zona saturada, caracterizada pelo fato dos espaços intersticiais do corpo ser constituídos por água e ar ou somente ar. A espessura da zona não saturada exerce significativa importância no que concerne a proteção dos aquíferos, pois, quanto maior a espessura, maior será o tempo de trânsito das infiltrações e assim, conseqüentemente maior será também a proteção (Valle, 1997). A FIG. 20 apresenta a geologia da área estuda compreendendo a região urbana do município de Santo André.

FIGURA 20 - Geologia da área estudada /região urbana (adaptado da SABESP/CEPAS 2003)

A população de Santo André atendida pela rede de água é de 98% e pela rede de esgoto é de 96%. A extensão da rede de água em 2001 era de 1.723.765 m e de esgoto 1.039.612 m. O município compra água tratada da SABESP (96%) e o SEMASA trata 4% de toda água distribuída ao município; da SABESP são 51.044.172 m³ e do SEMASA: 1.956.440 m³, cerca de 53.000.612 m³ de água tratada para o município Santo André em 2005 (Santo André-B, 2005).

O município de Santo André pertence ao Comitê de Bacias da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06-Alto Tietê (UGRH 06-Alto Tietê). Esta UGRH abrange a parte superior do Rio Tietê, desde as suas cabeceiras até a barragem do reservatório, numa extensão de 133 km, correspondendo a 6.657 km² de área. Esta Unidade é composta por 34 municípios (São Paulo-C, 2005). Visando uma análise comparativa, a CETESB adotou a subdivisão por bacias hidrográficas para a avaliação da qualidade de suas águas. Dessa forma a área piloto de estudo pertence à Bacia do Rio Tietê - Zona Metropolitana, com uma área de drenagem de 3.327 km². O ponto de controle sobre o monitoramento da qualidade das águas mais próximo ao município de Santo André é o Rio Tamanduateí (identificação TAMT04500) (São Paulo-C, 2005; CETESB-C, 2004).

Na UGRH 06-Alto Tietê, os empreendimentos que apresentam as maiores vazões de captação de água subterrânea concentram-se na Agência Ambiental de Santo André (São Bernardo do Campo 2.154,46 m³h⁻¹, São André 1.609,35 m³h⁻¹, Mauá 629,01 m³h⁻¹, São Caetano 172,56 m³h⁻¹, Ribeirão Pires 135,80 m³h⁻¹, Rio Grande da Serra 9,70 m³h⁻¹, Riacho Grande 7,00 m³h⁻¹). Porém se compararmos os municípios que utilizam somente captação para abastecimento público de poços subterrâneos como Presidente Prudente e São José do Rio Preto, as vazões são em torno de 500.000 m³h⁻¹, as vazões de captação do Grande ABC são pequenas (CETESB-B, 2004).

11 METODOLOGIA

O principal interesse deste trabalho foi o de identificar agentes impactantes presentes nas águas subterrâneas suscetíveis à contaminação por postos de combustíveis, na região urbana do município de Santo André, contribuindo para o desenvolvimento de estudos de diagnóstico e prognóstico ambiental da região.

Para atingir os objetivos o estudo foi dividido em etapas distintas:

- Levantamento dos dados disponíveis pelos órgãos públicos para o reconhecimento da paisagem hídrica e possíveis fontes de poluição bem como de áreas contaminadas e suscetíveis à contaminação por postos de gasolina no município de Santo André.
- Levantamento dos dados disponíveis para o cadastramento técnico dos postos de gasolina existentes no município de Santo André, no período de 2002 a 2005, por meio de listagens dos postos de gasolina dos cadastros da Prefeitura Municipal de Santo André, da CETESB, da ANP, da Receita Federal e Companhia Telefônica.
- Elaboração de um banco de dados referente ao cadastro dos poços artesianos de abastecimento para uso industrial, comercial, residências, e outros, a partir de dados existentes no Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, no Departamento de Vigilância Sanitária da Secretária Municipal de Saúde de Santo André e no SEMASA.
- Avaliar o comprometimento dos aquíferos próximos a postos de gasolina que apresentaram contaminação por vazamento de seus tanques de combustíveis.
- Contribuir para a caracterização química da qualidade das águas subterrâneas do município de Santo André quanto aos compostos BTEX, metais e elementos-traço importantes informações sobre a qualidade das

águas subterrâneas, subsidiando o estabelecimento dos valores de referência para o aquífero.

- Transformar em um banco de dados informações dispersas tanto dos postos de gasolina como de poços subterrâneos para tomada de decisões do órgão ambiental municipal.

11.1 Critérios para a escolha dos pontos de coleta de amostra de água

Primeiramente foram mapeadas as áreas susceptíveis à contaminação por BTEX, proveniente de vazamento de combustíveis de postos de gasolina, comprovadamente identificadas no licenciamento ambiental pelo órgão de atuação (CETESB). Em seguida, foi identificada a presença de poços artesianos próximo a essas áreas susceptíveis de contaminação. Nem todos postos de gasolina contaminados têm próximo um poço artesiano.

Todas as informações cadastradas e georeferenciadas foram digitalizadas utilizando um sistema de informação geográfica (SIG) sendo elaborado um mapa digital do município utilizando-se o *software ARC VIEW GIS 3.2*. Este processo foi elaborado, com auxílio do Departamento de Gestão Ambiental conjuntamente com o Departamento de Informática do SEMASA.

Neste mapa do município foram identificados os postos de gasolina contaminados e escolhido o poço artesiano mais próximo, foram excluídos os poços de indústrias e de empresas de ônibus ou transportadoras por dificuldades na obtenção de amostras de água desses poços artesianos.

A partir do cruzamento de informações foram identificadas e definidos os pontos de amostragem de água subterrânea, sendo inicialmente coletadas amostras de água de 7 poços para análise de BTEX, sendo 4 poços próximos a postos de gasolina que apresentaram contaminação, 1 poço no próprio posto de gasolina, e 2 locais que ofertam água gratuitamente a população que as recolhe em seus próprios vasilhames. Outros parâmetros físico-químicos também foram avaliados.

Visando ampliar a abrangência dos estudos de monitoramento para poços artesianos com maiores vazões de captação ($20 \text{ a } 40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), novos pontos de monitoramento foram definidos. Dessa forma, foi avaliada a qualidade das águas subterrâneas de poços artesianos pertencem a empresas distribuidoras de água tanto como água mineral envasada em garrações, como distribuída por meio de carros-pipa.

Foram monitorados também poços artesianos vulgarmente designados pela população de “bicas ou fontes”, utilizados para consumo doméstico, onde a população faz seu próprio envasamento.

Foram coletados nesta etapa amostras de água para análises em 9 (nove) poços. Alguns poços da primeira etapa foram incluídos também nesta segunda etapa. No total entre a primeira e a segunda etapa, foram coletados amostras em 12 (doze) poços tubulares no município de Santo André.

11.2 Monitoramento

Monitoramento é a realização de processos de observações sistemáticas para fins definidos de um ou mais fatores, identificadores de um problema específico, para obter informações sobre as características desse problema no tempo e no espaço, utilizando-se para isso métodos comparáveis de amostragem, análise e de sensoriamento remoto. Todo programa de monitoramento deve poder identificar as condições existentes, e sua variação num dado período de tempo.

Para a determinação dos compostos BTEX foram coletadas amostras de água provenientes de 7 (sete) poços localizados na área urbana do município de Santo André, em dois períodos sazonais distintos, março de 2004 (chuvoso) e agosto de 2004 (seco) para verificar possíveis contaminações dos lençóis freáticos próximos a postos de combustíveis que apresentavam contaminação.

Para a avaliação dos demais parâmetros foram realizadas amostragens no mês de junho de 2005, com ampliação dos pontos de coleta

abrangendo outros 9 (nove) poços do município com grande demanda de uso; o sistema de coleta de amostras é dinâmico, houve alteração de dois pontos com o fechamento de dois poços em que foram feitas às coletas em 2004.

Na TAB. 13 são apresentadas a descrição e agrupamento dos pontos ou estações coleta em diferentes áreas de captação dos poços artesianos no município de Santo André.

11.3 Coleta, Preservação e Análise das Amostras de Água

Para a seleção dos parâmetros foram considerados os valores de referência de qualidade da água subterrânea estabelecidas pela CETESB, tomando como base os parâmetros constantes nas listagens da Portaria 518/MS, que estabelece os fatores de potabilidade.

As amostragens foram realizadas com auxílio da equipe de coleta da Estação de Captação e Tratamento de Água do Guarará, operada pela SEMASA.

Foram coletadas as amostras de água subterrânea, em vidros âmbar de 500 mL com rolha esmerilhada para análise de BTEX e, em frasco de polietileno para análise de metais e elementos traços e ânions segundo o procedimento adotado pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 1997 (APHA, AWWA, WEF, 1998; Guiguer, 1996). As amostras, devidamente identificadas foram mantidas à temperatura de 4°C para o transporte e no laboratório os frascos foram transferidos para refrigeradores mantendo-se a essa temperatura.

As amostras para análise de BTEX devem ser analisadas em até 14 dias, não sendo necessária a adição de conservantes, já as de íons não tem restrições de prazo nem a necessidade de qualquer tipo de conservante, ambas necessitando ser mantidas em geladeiras. Para a determinação dos outros elementos-traço é necessária a acidulação com HNO₃ até pH 2, devendo-se também ser conservadas na geladeira. A mistura ácida é filtrada em membranas de 0,45 µm, para eliminar partículas em suspensão.

Para as análises bacteriológicas foram coletadas 200 mL de água em recipiente esterilizado fornecido pelo SEMASA.

A FIG. 21 apresenta o mapa do município de Santo André com os locais escolhidos para as amostragens.

TABELA 13 – Descrição e agrupamento dos locais de coleta nas diferentes áreas de captação dos poços artesianos no município de Santo André

Código da amostra	Endereço da Captação do Poço Artesiano	Coordenadas geodésicas dos pontos de coleta	Aqüífero/ Vazão (m ³ h ⁻¹)	Endereço do Posto de Gasolina	Coordenadas Geodésicas dos Pontos de Coleta	Usos da água subterrânea	Observação
01	R. Albertina 53	S23° 40 579' W046° 30 701'	Cristalino	Largo Três de Maio 10	S23° 40 535' W046° 30 720'	Encher piscina, lavagem de áreas, rega de jardins . Uso não potável	Posto de combustível contaminado próximo ao Poço artesiano
02	Estrada do Pedroso 1300	S23° 42 597' W046° 30 079'	Cristalino	Estrada do Pedroso 1000	S23° 42 416' W046° 30 193'	Lavagem de carros Uso não potável Poço desativado	Posto de combustível contaminado próximo ao Poço artesiano
03	Av. Alfredo Maluf 430	S23° 71 822' W046° 31 332'	Cristalino	R. Martim Francisco 1287	S23° 37 569' W046° 31 199'	Lavanderia, limpeza Uso não potável	Posto de combustível próximo ao Poço artesiano
04	Av. Pedro Américo 1237	S23° 40 178' W046° 30 201'	Cristalino	Av. Pedro Américo 1237	S23° 40 178' W046° 30 201'	Lavagem de carros Uso não potável	Poço artesiano no próprio posto de gasolina
05	R. Martim Afonso de Souza 329	S23° 40 409' W046° 30 868'	Cristalino	Av. Dom Pedro I 1131	S23° 40 453' W046° 30 766'	Lavanderia, limpeza Uso não potável	Posto de combustível contaminado próximo ao Poço artesiano
06	Av. Portugal 79	S23° 39 439' W046° 31 825'	Cristalino	-	-	Poço que a população coleta nos seus próprios vasilhames Uso potável	Não tem posto de combustível contaminado próximo.

Cont.

Código da amostra	Endereço da Captação do poço artesiano	Coordenadas Geodésicas dos Pontos de Coleta	Aqüífero/ Vazão (m ³ h ⁻¹)	Endereço do Posto de Gasolina	Coordenadas Geodésicas dos Pontos de Coleta	Usos da água subterrânea	Observação
07	R.Dr.Messuti 41	S23° 42 597' W046° 30 079'	Cristalino	-	-	Poço que a população coleta nos seus próprios vasilhames Uso potável Temporariamente desativado	Não tem posto de combustível contaminado próximo.
08	R. Imirim 40	S 23° 41 049' W 046° 30 464'	Cristalino 48	-	-	Grande distribuidora de água potável Uso potável	Não tem posto de combustível contaminado próximo.
09	R.Igarapava 269	S23° 40 178' W046° 30 201'	Cristalino	-	-	Uso da água para limpeza, jardinagem Uso não potável	Não tem posto de combustível contaminado próximo.
10	R.Márcia Mendes 41	S 23° 40 906' W 046° 29 337'	Cristalino 20	-	-	Distribuidora de água potável em garrações e caminhão-pipa. Uso potável	Não tem posto de combustível contaminado próximo
11	R. São Pedro 345	S 23° 40 314' W 046° 30 649'	Cristalino	-	-	Uso da água para limpeza, jardinagem, encher as piscinas Uso não potável. Uso potável	Não tem posto de combustível contaminado próximo.
12	R. Coronel Seabra 321	S 23° 40 101' W 046° 31 158'	Cristalino	-	-	, para beber, limpeza.	Não tem posto de combustível contaminado próximo.

Pontos de Amostragens

FIGURA 21 - Locais das coletas de amostras de água de poços tubulares no município de Santo André.

11.4 Variáveis Estudadas

As amostras coletadas, conforme descrito anteriormente, foram transportadas até o Laboratório de Análises Químicas Ambientais do IPEN, onde foram realizadas as análises.

As variáveis químicas e físico-químicas foram determinadas por meio de metodologia preconizadas pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WEF, 1998), exceto aquelas com metodologias específicas e desenvolvidas neste período, e que são citadas junto às respectivas variáveis.

Foram analisados além do BTEX e parâmetros bacteriológicos, os parâmetros físico-químicos: pH, cor, turbidez e cloro livre, os elementos maiores Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca, Mg, K, Na e o Ferro total bem como: fosfato, Al, Ag, Ba, B, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, P, Sn, V, Zn, Cd, Pb, Se, Hg, As e Sb. Foram analisados no total 40 parâmetros.

Os parâmetros hidrogeoquímicos foram selecionados em função dos usos básicos da água subterrânea na região, o consumo humano e o valor de qualidade (referência) estabelecido para águas subterrâneas no Estado de São Paulo.

No laboratório de controle sanitário do SEMASA – Santo André foram realizadas as determinações bacteriológicas bem como as variáveis físico-químicas: pH, turbidez; cloro residual e cor.

Os parâmetros microbiológicos, utilizados como indicadores de contaminação bacteriana, coliformes termossensíveis e totais, foram determinados utilizando-se a técnica de tubos múltiplos.

As determinações das concentrações dos analitos: alumínio, prata, bário, cálcio, cobalto, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel, fósforo e zinco foram realizadas por espectrometria de emissão com fonte de plasma de argônio induzido, ICP-OES (Lemes, 2001, Cotrim, 2004, 2005). Esta técnica é

amplamente utilizada para as análises ambientais por ser uma técnica multielementares que permite a determinação simultânea de seus constituintes maiores, menores e traço.

Os elementos cádmio, chumbo e selênio foram determinados por espectrometria de absorção atômica (AAS) com forno de grafite e, mercúrio, arsênico e antimônio por AAS com gerador de hidretos (Lemes, 2001 Cotrim, 2004, 2005).

Os ânions fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato foram determinados utilizando a técnica de cromatografia de íons (Lemes, 2001, Cotrim, 2004, 2005).

Na TAB. 14 estão relacionados os parâmetros e metodologia utilizada para a avaliação das amostras.

TABELA 14 - Parâmetros para a avaliação das amostras de água subterrânea

Parâmetro	Método	Equipamento
determinações bacteriológicas - coliformes termosensíveis e totais	Técnica de tubos múltiplos	-
alumínio, prata, bário, boro, cálcio, cobalto, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel, sódio, estanho, vanádio, fósforo, zinco	Espectrométrico	ICP-OES, <i>Spectroflame</i>
mercúrio, arsênico e antimônio	Espectrométrico	AAS, <i>Perkin Elmer</i>
cádmio, chumbo, e selênio		
fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato	Cromatografia de íons	<i>Dionex</i> , DX 120
pH, cor, turbidez, cloro residual	pH - potenciômetro, cor – colorímetro turbidez – turbidímetro cloro – método DPD	

Fonte: (APHA, AWWA, WEF, 1998)

11.5 Equipamento e Materiais

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os equipamentos:

- Cromatógrafo a gás, *Shimadzu*, modelo GC – 17 A, acoplado ao sistema *Purge & Trap*, da *Tekmar Dohmann*, modelo 3100 - Sample Concentrador;
- Espectrômetro de emissão óptica com fonte de plasma de argônio induzido (ICP-OES), *Spectro Flame*, M 120 E; *Spectro Analytical Instruments*, equipado com uma tocha axial, nebulizador concêntrico *Meinhard* e câmara de *spray* tipo *Scott*;
- Espectrômetro de absorção atômica com forno de grafite e sistema de análise em fluxo modelo FIAS – 400 (*Flow Injection Sytem*), *Perkin Elmer*;
- Cromatógrafo de Íons, *Dionex*, modelo DX 120, equipado com sistema supressor autoregenerante, detector de condutividade e injetor com *loop* de 100 μ L;
- Sistema de filtração a vácuo, com membranas, *Santórios*.

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico, cromatográfico ou compatível, de procedência *Merck* ou similar. As soluções padrão multielementares, contendo os elementos de interesse foram preparadas em meio ácido nítrico 5 % (v/v), de acordo com soluções padrão de referência com certificado de pureza (*Merck*) com concentração certificada de 1000 mg L⁻¹.

As soluções padrão multielementares foram preparadas a partir dos seguintes analitos: alumínio, prata, bário, cálcio, cobalto, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel, fósforo e zinco. As calibrações foram executadas com diluição da solução multielementares para concentração apropriada.

11.6 Técnicas analíticas utilizadas

11.6.1 Determinação de BTEX em amostras de água

A determinação de BTEX foi realizada por cromatografia gasosa com sistema *purge and trap* (P&T), utilizando-se um cromatógrafo a gás, seguindo a metodologia EPA 602. No sistema *purge and trap* (P&T), uma alíquota de 4,0 mL da amostra de água foi extraída e concentrada (Silva et al., 2000; Harris, 1999; Rocha et al., 2000).

A cromatografia gasosa é uma técnica utilizada para separar uma mistura de gases e vapores em componentes específicos. A cromatografia gasosa é um método físico de separação dos componentes de uma mistura através de uma fase gasosa móvel sobre um sorvente estacionário. A cromatografia gasosa é utilizada para a separação de compostos volatilizáveis, isto é, os analitos a serem separados devem apresentar uma razoável pressão de vapor à temperatura de separação. Portanto os componentes presentes nos combustíveis automotivos são detectados por essa técnica.

Nessa técnica, a amostra é injetada em um gás de arraste (fase móvel) o qual empurra a amostra através de uma fase estacionária onde ocorre a separação. Frequentemente denomina-se a fase estacionária de coluna de separação. As diferentes moléculas de uma mistura possuem diferentes afinidades químicas pela substância que compõem a coluna e o gás de arraste (Silva et al., 2000; Harris, 1999; Rocha et al., 2000).

A molécula dos contaminantes que possuem baixa afinidade pela fase estacionária e alta afinidade pelo gás de arraste movem-se da coluna na mesma velocidade do gás de arraste. Quanto maior for a afinidade do contaminante pelo material que constitui a coluna, mais lentamente ocorrerá seu deslocamento. Após atravessar a coluna, os componentes do gás ou vapor são direcionados para detectores específicos.

O tipo e o comprimento da coluna escolhida deve ser uma função da característica das moléculas a serem separadas. Cada uma das substâncias dissolvidas move-se, ao longo da coluna, a uma velocidade própria pelo que se forma conseqüentemente, uma banda correspondente a cada uma dessas substâncias. As bandas ficam mais ou menos afastadas entre si, consoantes os coeficientes de partilha dos respectivos solutos e a sua maior ou menor dispersão. Os solutos são eluídos um após outro, por ordem crescente dos respectivos coeficientes de partilha e penetram num detector. Os sinais aparecem sob a forma de um gráfico do tempo contra a composição de um pico identifica o respectivo componente, enquanto a área desse pico determina a concentração do componente na mistura (Silva et al., 2000; Harris, 1999; Rocha et al., 2000).

Para análise de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, o detector mais apropriado é o detector de ionização de chama (FID) em função de sua alta sensibilidade. O gás de arraste utilizado é função da disponibilidade, pureza exigida pelo detector e consumo, sendo os mais comuns o hélio, o nitrogênio ou o argônio.

O processo de extração por P&T consiste no borbulhamento de um gás inerte (hélio ou nitrogênio ultra puro), à temperatura ambiente, em uma amostra aquosa. Desta forma, os compostos voláteis são eficientemente transferidos da fase aquosa para a fase vapor. O vapor é varrido para uma pequena coluna preenchida por material adsorvente (*trap*), onde os componentes são retidos. No caso de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) a fase estacionária é uma mistura de carbopack B e C, que consiste em um carvão ativado especialmente tratado de forma a possuir uma superfície mais homogênea. Após o término da purga, o *trap* é aquecido sob fluxo de hélio, proporcionando a dessorção dos analitos que são imediatamente transferidos para o cromatógrafo a gás por meio de uma linha de transferência aquecida a 100°C (Silva et al., 2000; Harris, 1999; Rocha et al., 2000).

Os parâmetros de P&T utilizados para a extração foram os mesmos recomendados pelo método EPA 602, sendo que o volume de amostra utilizado foi de 4 mL.

O limite de detecção obtido para uma relação sinal; ruído $S/N > 3$ foi de 0,25 ppb para benzeno, tolueno e de 0,5 ppb para etilbenzeno e xilenos. Estes limites estão bem abaixo dos necessários para atender aos valores estabelecidos pela Portaria 518 (Benzeno 5 ppb; Tolueno 200 ppb, Xilenos 170 ppb e Etilbenzeno 200 ppb).

Na FIG. 22 podem ser observados os cromatogramas obtidos, pela metodologia desenvolvida, para soluções aquosas contendo de 0,5 e 2,5 ppb de BTEX. Na TAB. 15 apresentam-se os resultados de linearidade obtidos para a curva de referência BTEX obtidos na faixa de 0,5 a 25 ppb onde pode ser observado um coeficiente de correlação linear (r) de 0,999 para todos os BTEX.

As análises de BTEX em amostras de água utilizando o sistema P&T e a cromatografia gasosa com FID atendem perfeitamente aos limites estabelecidos pela Portaria 518, do Ministério da Saúde: benzeno $5 \mu\text{g L}^{-1}$, tolueno $0,17 \text{ mg L}^{-1}$, etilbenzeno $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ e os xilenos $0,3 \text{ mg L}^{-1}$. Esta metodologia evita o manuseio de grandes volumes de solventes para o sistema de extração adequando os laboratórios para os padrões modernos de trabalho (Gerenciamento Ambiental).

O controle de qualidade analítica baseou-se em análises diárias de soluções padrão e na análise em triplicata das amostras.

FIGURA 22 - Cromatogramas de uma solução aquosa contendo BTEX após pré-tratamento por P&T

TABELA 15 - Linearidade e limite de detecção (LD) para BTEX

Composto	Intervalo (ppb)	A	B	r	LD (ppb)
Benzeno	0,5 a 2,5	1031,4354	243,2168	0,9999	0,25
Tolueno	0,5 a 2,5	1356,8797	327,5931	0,9999	0,25
Etilbenzeno	0,5 a 2,5	1477,2593	293,9995	0,9988	0,5
p-Xileno	0,5 a 2,5	1491,5807	284,9957	0,9994	0,5
m-Xileno	0,5 a 2,5	1549,3351	375,9821	0,9993	0,5
o-Xileno	0,5 a 2,5	1857,4248	129,3240	0,9999	0,5

17. A = coeficiente angular
18. B = coeficiente linear
19. r = coeficiente de correlação linear
20. L.D. = Limite de Detecção

11.6.2 Determinação de metais e elementos – traço, micro e macro constituintes

A espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma de argônio induzido (ICP-OES) é amplamente utilizada para análises ambientais por suas características básicas principalmente por ser uma técnica multielementar e rápida, permitindo a determinação simultânea de seus constituintes maiores, menores e traços (Alexander et al., 1988; Dantas, 1992).

Devido à sua especificidade e versatilidade, a espectrometria de absorção atômica (AAS) também é considerada uma das melhores técnicas junto com o ICP-OES para a análise de amostras ambientais. Como a absorção atômica com chama normalmente permite a quantificação dos elementos somente em nível de mg L^{-1} (ppm), quando há a necessidade de determinar concentrações mais baixas utilizam-se a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica ou a espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos.

Foram elaborados programas analíticos para a determinação de todos os elementos de interesse. O equipamento utilizado foi o Spectro Flame M 120 E – da Spectro que dispõe de recursos em seu programa que permitem fazer uma escolha criteriosa das linhas de emissão a serem utilizadas para cada elemento. Utilizou-se o método da curva analítica na determinação dos elementos, através do uso de soluções-padrão multielementares.

Foram elaborados programas analíticos para a determinação de todos os elementos de interesse (Lemes, 2001; Cotrim, 2006). Para maior segurança foram usados limites de quantificação que, de acordo com o fabricante diferem de 2 (duas) a 5 (cinco) vezes o limite de detecção instrumental.

As linhas selecionadas para as determinações, bem como faixa de linearidade e o limite de quantificação, são apresentados na TAB. 16.

TABELA 16 - Intervalo de linearidade, limite de quantificação para a determinação por ICP-OES das amostras águas

Águas Superficiais			
Analito	L.E. (nm)	I.L. (mg L⁻¹)	L.Q. (mg L⁻¹)
Ag	328,068	0,003 -6	0,003
Al	167,083	0,0005 – 1,2	0,0005
B	249,773	0,004 – 1,2	0,004
Ba	455,403	0,0003 - 12	0,0003
Ca	315,887	0,006 12	0,006
Cd	228,802	0,0001 – 1,2	0,0001
Co	231,498	0,005 -12	0,005
Cr	267,716	0,0004 – 1,2	0,0004
Cu	324,754	0,003 – 1,2	0,003
Fe	261,187	0,006-1,2	0,006
K	766,491	0,0001 - 12	0,0001
Mg	383,826	0,006 - 12	0,006
Mn	257,610	0,0001 – 1,2	0,0001
Mo	202,030	0,002 – 1,2	0,002
Na	589,592	0,002-24	0,002
Ni	231,604	0,002 – 1,2	0,002
P	175,500	0,004 - 12	0,004
Sn	283,999	0,020 – 1,2	20
V	290,882	0,007 – 1,2	7,4
Zn	213,856	0,0001 – 1,2	0,1

21. L.E. – Linha de Emissão (λ – nm)
22. I.L. – Intervalo de Linearidade (mg L⁻¹)
23. L.Q. – Limite de Quantificação (mg L⁻¹)
24. Fonte: Cotrim, 2006

O controle de qualidade analítico baseou-se em análises diárias de soluções padrão e análise em triplicata das amostras. A validação da metodologia analítica foi efetuada pela análise de material de referência certificado NIST (*National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MA, USA*): SRM 1643c (*Trace Elements in Water*) para a análise de água (Cotrim, 2004, 2005, 2006).

Uma comparação entre os valores certificados e os determinados para os materiais de referência analisados em águas é apresentado na TAB. 17, mostrando a reprodutibilidade da metodologia aplicada.

TABELA 17 – Reprodutibilidade, precisão e desvio padrão relativo para a análise do material de referência SEM - 1643c, por ICP-OES.

Elemento	Valor certificado (mg L ⁻¹)	Valor obtido (mg L ⁻¹)	Desvio padrão relativo (mg L ⁻¹)	Recuperação (%)
Al	114,6	114	0,9	99,9
Ba	49,6	37,9	0,5	76,4
Ca	36.800	37.500	0,5	102
Cd	12,2	13,3	1,5	109
Co	23,5	23	4,3	97,8
Cr	22,3	20	5	88,8
Cu	19,0	17	12	89,3
Fe	106,9	100	2	93,8
Mg	9.400	8.700	0,5	92,7
Mn	35,1	36	2,8	103
Ni	60,6	53	4	88,2
Zn	73,9	72	1,4	97,9

Fonte: Cotrim 2004, 2005, 2006

Os elementos Pb, Cd, Sb e Se foram determinados por espectrometria de absorção atômica com forno de grafita (Cotrim, 2006).

Os elementos Hg foram determinados com atomização por geração de vapor frio (Furusawa et al., 2002) e o As por geração de hidreto (Furusawa et al., 2002).

Foram elaborados programas analíticos para cada elemento individualmente. Utilizou-se o método da curva analítica na determinação dos elementos, utilizando soluções-padrão monoelementares. Na TAB. 18 são apresentados os limites de quantificação e a faixa de trabalho estabelecida.

TABELA 18 - Limites de quantificação, e a faixa de trabalho estabelecida (AAS)

Analito	Faixa de concentração (mg L⁻¹)	Limite de quantificação (mg L⁻¹)
Pb	0,001-0,1	0,001
Cd	0,0001-0,5	0,0001
Se	0,001-0,1	0,001
Sb	0,001-0,1	0,001
As	0,001-0,012	0,001
Hg	0,0008-0,006	0,0008

Fonte: Cotrim 2004, 2005, 2006

11.6.3 Determinação dos analitos: fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato por cromatografia de íons (IC)

O termo “cromatografia” é usado para indicar um número de técnicas de separação físico-químicas baseada na distribuição dos solutos entre uma fase móvel e uma estacionária. A classificação de vários tipos de cromatografia é baseada na natureza dessas duas fases envolvidas. A cromatografia de íons fundamenta-se no fenômeno de troca iônica, associada a detecção condutométrica e supressão química. A amostra é bombeada através de uma coluna de troca iônica, passando por um sistema supressor auto-regenerante, até atingir o detector de condutividade. A coluna separadora é empacotada com um trocador aniônico de baixa capacidade (para sistema aniônico) ou um trocador catiônico de baixa capacidade (para sistema catiônico). A separação dos íons baseia-se na afinidade destes com os pontos de troca da resina e com o eluente. A função do sistema supressor é reduzir o sinal de fundo do eluente e converter os ânions (ou cátions) da amostra na forma de seus ácidos (ou hidróxidos) correspondentes, tornando-os espécies mais condutivas, para posterior medida em uma célula de condutividade. Os íons são identificados por comparação dos seus tempos de retenção com os de padrões conhecidos. A quantificação é feita por medida da área do pico comparada com a área de um padrão de concentração conhecida.

A aplicabilidade da técnica de Cromatografia de Íons é diversificada, pois, é uma técnica que exige pouco ou nenhum preparo, na maioria das vezes basta filtrar e/ou diluir a amostra em água e injetá-la diretamente no cromatógrafo. Esta técnica é empregada em diversas áreas, tais como: na ambiental (águas, solos, efluentes, e outros), biológicas, alimentícia, médica, geológica e nuclear (Lemes, 2001).

Para se conhecer a faixa em que a resposta do detector de condutividade é linear com a concentração do íon em estudo e, se as condições aplicadas são as mais adequadas para a quantificação é necessário construir curvas analíticas. Como medida de quantificação foi utilizada a área do pico. Obtiveram-se as curvas analíticas traçando-se a área do pico em função da concentração do analito. O volume fixo de injeção (*loop*) de amostra foi de 100 µL. A amostra foi introduzida no sistema de injeção, após filtração com filtros *Millipore* < 0,45 µm, com uma seringa hipodérmica descartável de 1 mL. As curvas analíticas dos analitos aniônicos (F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-}) foram realizadas de acordo com os métodos 300.6 da *Environmental Protection Agency* (EPA – A – B, 1986).

Na TAB. 19 são apresentadas a faixa de linearidade e o limite de quantificação para os analitos aniônicos.

TABELA 19 – Coeficiente de correlação, limite de detecção (L.D.) e de quantificação dos analitos aniônicos.

Analito	Faixa de concentração (ng mL⁻¹)	Coeficiente de correlação	Limite de detecção (ng mL⁻¹)	Limite de Quantificação (ng mL⁻¹)
F^-	25 - 150	0,9988	3	25
Cl^-	25 - 150	0,9996	5	25
NO_3^-	25 - 200	0,9993	4	25
PO_4^{3-}	200 - 1400	0,9995	70	200
SO_4^{2-}	10 - 400	0,9999	3	10

Fonte: Lemes, 2001

12 RESULTADOS E DISCUSSÃO

12.1 Área de Estudo no município de Santo André

Sem dúvida, o saneamento adequado do meio ambiental levando em consideração usos futuros implica em altos custos. Frequentemente não é possível encontrar os responsáveis que produziram a contaminação em primeiro lugar. Por este motivo somente é possível fazer o saneamento do solo quando este é concebido e realizado lado a lado com a implantação dos futuros usos nos terrenos contaminados a serem desenvolvidos. Um desenvolvimento urbano sustentável e de qualidade exige interação com a reabilitação de áreas urbanas contaminadas.

Inicialmente, o desenvolvimento industrial concentrou-se geograficamente na cidade de São Paulo, para posteriormente expandir-se, na direção do Grande ABC, e ao longo dos eixos das Rodovias Dutra e Anhanguera. Teve papel fundamental nessa expansão, a implantação das grandes indústrias automobilísticas no estado de São Paulo.

Esse desenvolvimento industrial distanciou o estado de São Paulo dos demais estados da União, sendo que por um período considerável, o Produto Interno Bruto Estadual chegou a representar mais da metade do PIB nacional. Hoje, essa participação desacelerou porque muitas dessas indústrias fecharam ou se mudaram para outros estados deixando um passivo ambiental grande pelo abandono de áreas contaminadas.

As indústrias em Santo André instalaram-se principalmente no Eixo Tamanduateí, para estarem próximo ao rio e a malha ferroviária. Muitas indústrias fecharam e muitas áreas foram abandonadas sendo identificadas nesse trecho aproximadamente 25 áreas potencialmente contaminadas. Essas e outras áreas com suspeita de contaminação estão sendo levantadas, primeiramente através do histórico da área, se possível entrevistas com pessoas que trabalharam nas indústrias que foram abandonadas, e quando da solicitação de um alvará para

utilização dessas áreas levantadas é solicitado um estudo exploratório do solo e da água subterrânea antes da sua ocupação.

Santo André vem se preocupando muito com o uso e a ocupação do solo de áreas sob suspeita de contaminação ou comprovadamente contaminadas.

A Prefeitura de Santo André, através do SEMASA faz parte de um programa de reabilitação de áreas contaminadas para o desenvolvimento sustentável interno da cidade com a União Européia (REDESC/URB-AL). O SEMASA vem coletando dados e montando um banco de dados das áreas sob suspeita ou que estão contaminadas para futuras intervenções.

O município de Santo André possui um aterro sanitário. Este aterro é hoje um complexo de tratamento e destinação final de resíduos sólidos produzidos no município. Trata-se de uma área de 217. 000 m², destinado a receber os resíduos sólidos produzidos em Santo André; teve as atividades iniciadas no início dos anos 80 e está localizado no bairro Cidade São Jorge. Na última avaliação feita pela CETESB em 2005, obteve a classificação para o índice de qualidade de aterro de resíduos IQR=9.3 (a nota máxima é 10.0).

Atualmente o complexo opera com a capacidade de recepção de aproximadamente 467,1 toneladas dia⁻¹ de resíduos sólidos. A vida útil deste local foi ampliada em 11 anos porque a administração municipal adotou algumas medidas importantes, entre elas a implantação da coleta seletiva.

A FIG. 23 apresenta a distribuição dos bairros no município. Os bairros em Santo André são designados de vilas, jardins, parques, como: Parque das Nações, Vila Palmares e Jardim Bom Pastor. No mapa é assinalado o Eixo Tamanduateí onde boa parte das indústrias de Santo André está ou estavam instaladas e o aterro sanitário.

FIGURA 23 - Mapa do município de Santo André apresentado a distribuição dos bairros

12.2 Avaliação da área de estudo

No Brasil existem 31.435 postos de gasolina cadastrados (ANP, 2004). Segundo a ANP em 2003, o consumo de álcool, gasolina e diesel no país, foram de 33, 38 e 82 milhões de L dia⁻¹, respectivamente (ANP, 2004).

A TAB. 20 apresenta a distribuição, em quantidade de postos revendedores de combustíveis, nas várias regiões do Brasil e estados (ANP, 2004).

TABELA 20 – Quantidade de postos revendedores de combustíveis automotivos por Grandes Regiões e Unidades da Federação em 2003 (ANP)

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Quantidade de Postos de Gasolina	Grandes Regiões e Unidades da Federação	Quantidade de Postos de Gasolina
REGIÃO NORTE	1.659	REGIAO SUDESTE	14.624
Acre	79	Espírito Santo	596
Amapá	70	Minas Gerais	4.065
Amazonas	332	Rio de Janeiro	2.027
Pará	568	São Paulo	7.936
Rondônia	267	CENTRO-OESTE	2.850
Roraima	72	Distrito Federal	296
Tocantins	234	Goiás	1.250
REGIÃO NORDESTE	5.649	Mato Grosso	744
Alagoas	312	Mato Grosso do Sul	560
Bahia	1.417	REGIÃO SUL	6.653
Ceará	876	Paraná	2.519
Maranhão	458	Santa Catarina	1.713
Paraíba	535	Rio Grande do Sul	2.421
Pernambuco	1.052		
Piauí	365		
Rio Grande do Norte	448	Total em todo o Brasil	31.435
Sergipe	186		

A Região com maior número de postos de gasolina é a Região Sudeste. Deste, o estado com maior quantidade é o estado de São Paulo. Por isso, as preocupações relacionadas ao potencial de contaminação de águas subterrâneas por derramamento de combustíveis vêm crescendo em São Paulo e em diversas outras cidades no País.

Os maiores problemas de contaminação surgiram nestas regiões e os primeiros a estabelecerem legislações pertinentes também foram a Região Sudeste, com destaque o estado de São Paulo, através do órgão ambiental - CETESB.

12.2.1 Cadastramento e adequação do banco de dados dos postos de combustíveis

A metodologia empregada consistiu primeiramente do levantamento da quantidade de postos de combustíveis e poços artesianos no município de Santo André.

A FIG. 24 apresenta a área de estudo no município de Santo André, que abrange a área urbana assinalada na figura.

O **anexo I** apresenta os resultados obtidos do cadastramento técnico dos postos de gasolina existentes no município de Santo André, no período de 2002 a 2005. Esse banco de dados foi obtido a partir do levantamento dos dados disponíveis, por meio de listagens dos postos de gasolina dos cadastros da Prefeitura Municipal de Santo André, CETESB, ANP, Receita Federal e Companhia Telefônica.

As primeiras informações foram obtidas por meio do SEMASA em agosto de 2002, tanto de poços artesianos como de postos de combustíveis. A listagem continha 146 de postos de gasolina obtidos do cadastro fiscal da Prefeitura Municipal de Santo André, nesta apareceram 3 revendedores de óleo lubrificante, que foram excluídos, perfazendo 143 postos de gasolina.

Na listagem de poços artesianos constavam 87 poços (64 empresas). Essa lista foi obtida do Departamento comercial do SEMASA. Muitos destes poços, com vazões altas, pagam pelo uso desta água.

Em outubro de 2002, descrito, pela CETESB, a primeira listagem de áreas contaminadas, destacando um total de 255 áreas contaminadas no estado de São Paulo. Destas, o município de Santo André apresentou 10 (dez) pontos de contaminação sendo 7 (sete) referente a postos de combustíveis. Em outubro de 2003, outra lista abrangendo as áreas anteriores e contendo novas áreas perfazendo 727 áreas contaminadas no estado de São Paulo sendo 24 áreas no município de Santo André sendo 16 postos de combustíveis.

Em novembro de 2004 uma nova lista foi liberada com 1.336 áreas contaminadas no estado de São Paulo sendo 35 em Santo André e destas 26 postos de gasolina e em maio de 2005 uma nova lista onde constavam 1.504 áreas contaminadas em todo o estado de São Paulo e 52 no município de Santo André sendo 42 postos de combustíveis apresentam vazamento e contaminação.

A CETESB em 2003 havia identificado 137 postos de gasolina no município de Santo André e em 2004 a lista aumentou para 139 postos de combustíveis.

A avaliação, cadastramento e adequação do banco de dados dos postos de combustíveis com contaminação foram trabalhosos visto que houve um crescente aumento no número destes postos de gasolina como também das áreas contaminadas avaliadas pela CETESB durante a execução do trabalho. As áreas contaminadas próximas a postos de gasolina, passaram de 26 postos, dados de novembro de 2004, para 42 em maio de 2005. Um aumento de 61,5 % em 6 meses.

Em 2005 com apoio da Prefeitura de Santo André uma nova listagem do cadastro fiscal foi elaborada, no qual constavam 150 postos de gasolina. Destes, foi verificado que algumas das empresas foram indevidamente identificadas como postos de gasolina e, no entanto, executam apenas a troca de

óleo. Foi observada também, uma duplicidade de cadastro por alteração da razão social e, ou mudança de proprietário, sem ter dado baixa no cadastro anterior. Finalizando a triagem foram efetivamente cadastrados no município de Santo André 143 postos, dados de 2005.

No cadastro da ANP obtido em 2005 foram registrados 177 postos de gasolina, muitos destes postos de combustíveis junto a Receita Federal tiveram seu CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) cancelado ou estava inapto, um posto listado esta localizado no município de São Bernardo do Campo. Foi observado que muitas das empresas têm duplicidade de nomes neste cadastro. Após toda esta triagem os resultados mostraram que existem 154 postos de gasolina, no ano de 2005, cadastrados na ANP.

Os postos de combustíveis autuados pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) são devidos a irregularidades desde adulteração de combustíveis, precariedades dos equipamentos, a falta de registros para o seu funcionamento junto aos órgãos públicos e dependendo das irregularidades tem suas bombas de abastecimento lacradas, portanto o posto é interditado pela ANP.

Visando a conhecer os postos revendedores de combustíveis autuados ou interditados pela ANP, por adulteração do seu combustível com mais solventes e álcool ou outras irregularidades, foi feito um levantamento dessas informações junto a ANP. Na TAB. 21 estão relacionadas a série histórica de autuações e interdições liberadas pela ANP.

TABELA 21 – Quantidade de postos de combustíveis no município de Santo André autuados e ou interditados pela ANP de 2003 a 2005

Período (mês/ano)	Quantidade de postos de combustíveis no município de Santo André autuados e ou interditados pela ANP	
	autuado	Interditado
Set./2003	30	14
Dez./2003	33	17
Abr./2004	37	24
Set./2004	37	24
Mar./2005	40	24
Jul./2005	41	27

Muitos desses postos de gasolina interditados e ou autuados também apresentaram contaminação por vazamento de seus tanques. Portanto até julho de 2005 foram autuados e ou interditados 41 postos revendedores de combustíveis pela ANP no município de Santo André.

Cruzando todas essas informações obtiveram-se o banco de dados (ANEXO I) com 154 postos revendedores de combustíveis automotivos até junho de 2005 no município de Santo André.

Este banco de dados fornece: o nome do contribuinte ou razão social do posto de gasolina, sua localização, bairro, idade da sua instalação, distribuidora que o abastece (bandeira), autuações e ou interdições pela ANP, a data da convocação para licenciamento ambiental junto a CETESB, a duplicidades de alguns nomes junto aos vários órgãos, entre outros.

Desta lista foram excluídas as empresas de ônibus e transportadoras que aparecem discriminadas pela CETESB, no total 15.

A TAB. 22 apresentam uma relação de informações contendo a faixa de idade dos postos de combustíveis no município de Santo André, obtidos a partir do banco de dados (Anexo I).

TABELA 22 – Faixa de idade dos postos de gasolina no município de Santo André

Idade do Posto de Combustível	Quantidade	Porcentual (%)
de 00 a 05 anos	15	9,80
de 06 a 10 anos	15	9,80
de 11 a 15 anos	31	20,27
de 16 a 20 anos	13	8,50
de 21 a 25 anos	16	10,45
de 26 a 30 anos	15	9,80
acima de 30 anos	48	31,38
TOTAL	153	100,00

Podemos observar, avaliando os dados da TAB. 22 que, muitos destes postos de combustíveis têm mais de 30 anos (31,38%) e os mais antigos tem a idade aproximada de 39 anos em 2005, muitos vão atingir a idade de 21 a 25 anos, 10,45% e que 9,8% atingiram de 26 a 30 anos. O tempo de vida útil dos tanques de armazenamento subterrâneo é estimado em 25 anos, portanto mais que 50% dos postos de gasolina do município de Santo André poderão apresentar problemas com vazamento de combustíveis. Este fato confirma o ocorrido, quando os postos mais antigos vão solicitar o licenciamento ambiental, são os que têm mais problemas de vazamentos.

Outra característica dos postos de combustíveis é a “bandeira”. A bandeira é a marca de uma distribuidora que quer dizer que o posto está vinculado àquela distribuidora e só pode comprar e vender combustíveis daquela distribuidora. Estas informações devem constar no cadastro do posto junto a Agência Nacional de Petróleo (ANP).

É grande o número de postos de gasolina que atualmente são bandeira branca, podem comprar de uma ou várias distribuidoras não ficando atrelados a nenhuma distribuidora. No caso de ocorrer vazamento nestes postos, quem arca com as despesas do reparo e da remediação, será o proprietário do posto surgindo um grande problema devido aos custos financeiros envolvidos.

A TAB. 23 apresenta uma relação da quantidade de postos de combustíveis por distribuidora (Bandeira) no Brasil, no estado de São Paulo e no município de Santo André.

TABELA 23 – Relação da quantidade de Postos de Serviços por Bandeira (ANP*,2003; SEMASA, 2004)

Bandeira	Quantidade de Postos					
	Brasil (unidade)	Brasil (%)	Estado de São Paulo (unidade)	Estado de São Paulo (%)	Município de Santo André (unidade)	Município de Santo André (%)
BR	5.296	16,85	941	11,86	24	15,69
Ipiranga	3.955	12,58	742	9,35	13	8,50
Shell	1.960	6,25	736	9,27	24	15,69
Texaco	2.475	7,87	442	5,57	12	7,84
Esso	2.088	6,64	643	8,10	10	6,53
Agip	1.073	3,41	437	5,51	07	4,57
Bandeira Branca	10.142	32,26	3.195	40,26	55	35,95
Outros*	4.446	14,14	800	10,08	08	5,23
Total	31.435	100,00	7.936	100,00	153**	100,00

25. * Incluem outras 131 bandeiras

26. ** Total de 154 postos, apenas 1 sem identificação.

27.

Avaliando os resultados apresentados na TAB. 23 podemos observar que os postos de Bandeira Branca são mais numerosos, tanto na distribuição nacional, como no estado de São Paulo. O mesmo acontece no município de Santo André. Foi possível observar também que esse número tem aumentado muito nos últimos 3 (três) anos. Como foi descrito anteriormente, esses postos de gasolina não recebem apenas de uma distribuidora de combustível. A vantagem para o proprietário do posto de gasolina é que, usando desse artifício, ele consegue obter combustível mais barato, porém tem-se observado que nesses postos ocorre com maior frequência venda de combustível adulterado que pode causar sérios problemas ambientais no caso de vazamento de seus tanques. Com o combustível adulterado pode ocorrer a danificação dos carros que abastecem com este combustível, como também, está lesando a receita federal não recolhendo os impostos devidos e no caso de vazamento o proprietário do posto de combustível não consegue arcar com os gastos da remediação de solo e da água subterrânea.

A TAB. 24 apresenta uma relação da quantidade de postos de gasolina que apresentam contaminação por faixa de idade, por autuações e ou interdições pela ANP e por distribuidora.

TABELA 24 – Relação da quantidade de postos de gasolina que apresentam contaminação por faixa de idade, por autuações e ou interdições pela ANP e por distribuidora no município de Santo André.

Faixa de idade do posto de combustíveis (anos)	Autuado e/ou interditado pela ANP (quantidade)	Quantidades de postos de gasolina contaminados (identificados pela CETESB)	Bandeira (quantidade)
00-05	2	2	Branca (2),
06-10	-	-	-
11-15	2	5	Branca (1) Shell (2) Agip (1) BR (1)
16-20	2	8	Branca (6) Shell (1) Axial (1),
21-25	3	6	Branca (2) Shell (2) Ipiranga (2)
26-30	1	2	Branca (1) Shell (1)
acima de 30	3	19	Branca (6) Shell (2) Ipiranga (1) Aster (1) BR (7) Esso (1) Texaco (1)
TOTAL	13	42	Branca (18) Shell (8) Ipiranga (3) Aster (1) BR (8) Esso (1) Texaco (1) Esso (1) Agip (1)

Como pode ser observado, na TAB. 24 o maior número de postos que apresentaram contaminação foram os mais antigos, com 30 anos ou mais. Foi

observado também que 31% destes postos foram autuados ou interditados pela ANP e destes 43% são Bandeira Branca.

Todos os dados, apresentados no ANEXO I, foram digitalizados e inseridos, com o auxílio do SIG, no mapa do município de Santo André (FIG. 26).

Este banco de dados contendo uma listagem de todos os postos de combustíveis do município, apresentado no ANEXO I, atualmente está sendo utilizado como uma ferramenta gerencial no SEMASA, no processo de licenciamento ambiental iniciado a partir de 2006.

O programa possibilita que ao clicar sobre um ponto de localização deste posto de combustível abre uma janela contendo as informações alimentadas por este banco de dados, conforme FIG. 25.

FIGURA 25- Apresenta os dados de um posto de gasolina que apresentou contaminação, no município de Santo André

FIGURA 26 - Localização dos postos de gasolina no município de Santo André

A FIG. 27 apresenta dados de um posto de gasolina que não apresentou contaminação.

FIGURA 27 - Apresenta os dados de um posto de gasolina que não apresentou contaminação, no município de Santo André

12.2.2 Cadastramento e adequação do banco de dados dos poços tubulares

A obtenção de informações consistente sobre poços tubulares foi mais complexa que a de postos de gasolina, em função de suas características.

Cabe ao Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, a administração das águas subterrâneas do estado de São Paulo, nos campos de pesquisas, captação, fiscalização, extração e acompanhamento de sua interação com águas superficiais e com o ciclo hidrológico; à Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB prevenir e controlar a poluição das águas

subterrâneas e à Secretaria da Saúde a fiscalização das águas subterrâneas destinadas a consumo humano, quanto ao atendimento aos padrões de potabilidade.

A regularização de poços artesianos passa por um processo de outorga junto ao DAEE. Depois de legalizado, o DAEE repassa as informações para o município de Santo André. No município, há três órgãos atuando junto a esses poços legalizados, dois municipais, o SEMASA e o Departamento de Vigilância Sanitária da Secretaria de Saúde e o estadual o escritório Regional da CETESB.

O SEMASA que, além de suas atribuições como órgão ambiental local, é também o responsável pelo fornecimento de água e coleta de esgoto, cadastra esses poços e faz a cobrança pelo uso da rede de esgoto. Para isso, implanta hidrômetros nos poços. Para a cobrança do uso da rede de esgoto, o SEMASA cobra 80% da água utilizada em caso de indústrias e comércio e 100% em caso de residências.

A intervenção de tantos órgãos faz com que a obtenção de informações completas de poços artesianos torne-se uma tarefa muito mais complexa. É possível que haja um número razoável de poços não regularizados, pois o processo de outorga junto ao DAEE é bastante complexo e oneroso. Além disso, muitas vezes, as informações repassadas aos órgãos municipais divergem da situação real encontrada no local. Isso faz com que cada um dos órgãos tenha um cadastro diferente de poços artesianos, e entre eles há um grau de divergência bem razoável.

Foram computados um total de 175 poços artesianos no município de Santo André. Estas informações foram obtidas através do cruzamento das informações, sendo: 87 poços cadastrados pelo SEMASA, 78 poços cadastrados junto a Vigilância Sanitária do município de Santo André e 115 poços artesianos com outorga do DAEE, gerando o banco de dados dos poços artesianos, apresentado no **ANEXO II**.

A partir do Banco de dados do **ANEXO II**, foi elaborado o mapeamento das informações junto ao mapa do município de Santo André, apresentada na FIG. 28. Todas as informações foram georeferenciadas e digitalizadas com auxílio do SIG.

O banco de dados elaborado para os poços artesianos, descrito no ANEXO II fornece: o nome ou razão social do proprietário, sua localização, vazão e tipo de aquífero. Os poços artesianos com maiores informações foram obtidos do DAEE. A formação destes aquíferos é cristalino, as vazões variaram de 65,3 até 1,00 m³ h⁻¹.

A partir da localização geográfica de cada dado obtido, postos de combustíveis e poços artesianos (dos ANEXO I e ANEXO II), estes dados foram inseridos em um mapa do município de Santo André, na escala de 1:30.000, **ANEXO III** (FIG 29). Foram localizados também os postos de gasolina que apresentaram contaminação.

Poços Artesianos em Santo André

DGA - Departamento de Gestão Ambiental - Mar06

FIGURA 28 – Localização dos poços tubulares no município de Santo André

São Caetano
do Sul

São Paulo

Postos de Gasolina e Poços Artesianos

semasa
SANEAMENTO AMBIENTAL

ipen

Mauá

Legenda

□ Santo André

— Logradouros

● Poços Artesianos

Postos de Gasolina
Quanto a Contaminação

● não

● sim

São Bernardo do Campo

1:30000

1 0 1 Kilometers

Ribeirão Pires

Rio Grande
da Serra

Suzano

Mogi das
Cruzes

Cubatão

Santos

DGA - Departamento de Gestão Ambiental - Mar06

FIGURA 29 – Localização dos poços artesianos e dos postos de combustíveis (contaminados e não contaminados).

O programa deste banco de dados permite que, ao clicar sobre o ponto localizado no mapa do município, se recuperem todos os dados sobre os poços artesianos, conforme pode ser observado na FIG 30.

FIGURA 30 – Apresentação dos dados de um poço tubular no município de Santo André

A TAB. 25 apresenta uma compilação das informações contendo a quantidade de poços no município de Santo André e quais os seus usos preponderantes: industrial, comercial, residencial, hospitalar, empresas de ônibus ou transportadoras e postos de combustíveis.

TABELA 25 – A quantidade de poços artesianos e seus usos, na área urbana e fora dela do município de Santo André.

FINALIDADE DOS POÇOS ARTESIANOS NO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ	QUANTIDADES (unidade)	PERCENTAGEM (%)
INDÚSTRIAS	84	48,00
COMERCIAIS	59	33,71
RESIDENCIAIS-CONDOMÍNIOS	12	6,86
CLUBES	07	4,00
HOSPITAIS	08	4,57
EMPRESAS DE ONIBUS- TRANSPORTES	05	2,86
TOTAL	175	100,00
FORA DA ÁREA URBANA OU ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	19	
INDUSTRIAL	14	
RESIDENCIAIS-CONDOMÍNIOS	04	
RURAL	01	

Conforme observado na TAB. 25, os poços mais numerosos são os industriais, que representa quase a metade dos poços (48%), em seguida temos os de uso comerciais e, em menor número os relacionados ao atendimento de: residenciais, clubes, hospitais e empresas de ônibus e transportadoras.

A partir dos resultados obtidos, acredita-se que a quantidade de poços artesianos devem ser muito mais numerosos que estes listados, principalmente dentro dos postos de gasolina. Houve uma época em que era oferecida a lavagem gratuita de carro, após completar o tanque de combustível e, com a água da rede pública da SABESP, ou SEMASA ou de outra distribuidora de água ficaria muito onerosa para os proprietários de posto de combustível arcar com estes custos, muitos poços artesianos foram abertos ilegalmente, e não foram cadastrados oficialmente.

12.2.3 Representação fotográfica de alguns postos de gasolina que apresentaram contaminação e de alguns locais de coleta das amostras nos poços artesianos

Nas FIG. 31 e 32 são apresentadas algumas representações fotográficas dos postos de combustíveis que apresentaram contaminação por vazamento de seus tanques.

Na FIG. 31 tem-se a representação fotográfica do Auto Posto localizado na Avenida Dom Pedro I, nº 1131 que apresentou contaminação por vazamento identificado pela CETESB em maio 2002. Próximo a este local foi realizado o monitoramento da água subterrânea, referente ao ponto de coleta de número 5, o poço tubular na Rua Martim Afonso de Souza nº 329.

Na FIG. 32 tem-se a representação fotográfica do Auto Posto localizado no largo Três de Maio nº 10, que apresentou contaminação por vazamento. Próximo a este local foi realizado o monitoramento da água subterrânea, representando o ponto de coleta número 1, o poço tubular na Rua Albertina nº 53.

FIGURA 31 -- Auto Posto que apresentou contaminação por vazamento (CETESB-A, 2004) e próximo a este local foi realizado o monitoramento da água subterrânea, o ponto de amostragem de número 5

FIGURA 32 - Auto Posto que apresentou contaminação por vazamento. Próximo a este local foi retirada amostras de água subterrânea referente ao ponto de amostragem de número 1

A FIG. 33 representa o poço artesiano perfurado no próprio posto de combustível, localizado na Avenida Pedro Américo, nº 1237.

FIGURA 33 – Ponto de amostragem número 4.

A FIG. 34 apresenta o ponto de coleta na Avenida Portugal nº 79, na região central do município de Santo André, próximo ao marco zero da cidade. Este poço artesiano serve a população local.

FIGURA 34 – Ponto de amostragem de número 6.

Os poços artesanais explorados por uma grande distribuidora que revende garrações de água e distribui através de caminhão-pipa na cidade de Santo André e municípios próximos, são apresentados na FIG. 35. Este poço está localizado a Rua Imirim nº 40.

FIGURA 35 - Local da amostragem número 10.

A FIG. 36 apresenta o poço artesiano localizado dentro de um clube, a Rua Albertina nº 53, próximo ao Auto Posto que apresentou contaminação por vazamento de seus tanques.

FIGURA 36 – Poço artesiano, referente ao ponto de coleta nº 1.

12.3 Avaliação da qualidade das Águas Subterrâneas, no município de Santo André

12.3.1 Resultados da determinação de BTEX por Cromatografia Gasosa e Sistema de Purgue & Trap

A TAB. 26 apresenta os resultados das análises de BTEX em amostras de águas subterrâneas obtidas nos pontos de amostragem de 01 a 07. As amostras foram coletadas levando em conta a sazonalidade, sendo coletadas uma amostra no período chuvoso, março de 2004, correspondente ao verão, e, no período de seca, referente a agosto de 2004, correspondente ao inverno. Foram retiradas amostras em duplicata nos pontos de amostragem.

TABELA 26 - Determinação da concentração de BTEX ($\mu\text{g L}^{-1}$) em amostras de água de poço, nos meses de março e agosto de 2004, no município de Santo André.

Ponto de coleta	Período da coleta	Concentração de BTEX ($\mu\text{g L}^{-1}$)					
		Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	para-xileno	meta-xileno	orto-xileno
1	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	-	-	-	-	-	-
3	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
4	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
5	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
6	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
7	março/2004	<0,25	<0,25	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	agosto/2004	-	-	-	-	-	-
Padrão de potabilidade Portaria 518/MS		5	170	200	300	300	300
Referência de qualidade para águas subterrâneas		5	700	300	500	500	500
Valores orientadores Intervenção (CETESB)							

Em agosto de 2004, não foram retiradas amostras de água subterrânea do ponto 2 porque o poço artesiano secou quando um córrego próximo sofreu retificação e drenagem, este poço foi desativado, e o poço tubular do ponto 7, que esta temporariamente desativado, é um poço que a população se serve, enchendo seus próprios vasilhames.

Para as amostras de água dos poços artesanais analisados, pontos de coleta: 01, 02, 03, 04, 05, 06 e 07, **não foram identificados contaminação por BTEX nos períodos estudados**. Embora estivessem alguns poços próximos a postos de combustíveis onde ocorreu vazamento de combustíveis para o solo e lençol freático. Tal fato sugere que de alguma forma, em virtude das condições ambientais, ocorreu a atenuação natural desses compostos.

O objetivo dessa análise foi identificar possíveis problemas de poluição dos recursos hídricos subterrâneos principalmente relacionados à contaminação por postos de combustíveis em áreas de risco.

12.3.2 Determinação das Espécies Iônicas por Cromatografia de Íons

A TAB. 27 apresentam a distribuição das concentrações encontradas para os ânions fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato na coleta de amostras de água subterrânea referentes aos pontos de coleta de 1 a 12, no período estudado. Foram retiradas duas amostras de cada ponto de amostragem. Os resultados representam a média dos valores obtidos e respectivo desvio padrão.

TABELA 27 - Distribuição da concentração de ânions (mg L^{-1}) em amostras de água subterrânea, nos meses de março e agosto de 2004 e junho de 2005 no município de Santo André.

Ponto de coleta	Período da coleta	Concentração dos íons (mg L^{-1})				
		fluoreto	cloreto	nitrito	fosfato	Sulfato
1	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	<0,025	13,7± 0,0	44,90±0,6	<0,05	0,57±0,025
	junho/2005	<0,025	14,6±0,2	40,65±0,45	<0,05	5,605±0,045
	média	<0,025	14,1	42,77	<0,05	3,08
3	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	0,285±0,005	8,9±0	<0,05	<0,05	8,75±0,05
	média	0,29	8,9	<0,05	<0,05	8,75
4	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	0,085±0,005	11,15±0,25	<0,05	<0,05	2,15±0,05
	junho/2005	0,035±0,05	10,5±0,3	<0,05	<0,05	3,87±0,19
	média	0,06	10,8	<0,05	<0,05	3,01
5	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	<0,025	26,9±0,1	75,90±0,1	<0,05	0,19±0,005
	junho/2005	<0,025	23,6±0,7	75,95±0,05	<0,05	0,2
	média	<0,025	25,3	75,9	<0,05	0,20
6	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	<0,025	17,65±0,05	1,27±0,03	<0,05	6,25±0,05
	junho/2005	0,035±0,025	21,4±2,9	7,735±0,015	<0,05	9,35±0,01
	média	0,035	19,5	4,51	<0,05	7,8
8	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	-	-	-	-	-
	junho/2005	0,075±0,205	3,945±0,01	<0,05	<0,05	5,39±0,065
	média	0,075	3,95	<0,05	<0,05	5,39
9	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	-	-	-	-	-
	junho/2005	0,2±0,001	2,525±0,02	<0,05	<0,05	78,25±0,15
	média	0,2	2,5	<0,05	<0,05	78,25
10	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	-	-	-	-	-
	junho/2005	0,045±0,015	4,66±0,1	0,94±0	<0,05	4,99±0
	média	0,045	4,66	0,94	<0,05	4,99
11	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	-	-	-	-	-
	junho/2005	0,07±0,001	8,065±0,16	<0,05	<0,05	10,015±0,08
	média	0,07	8,06	<0,05	<0,05	10,01
12	março/2004	-	-	-	-	-
	agosto/2004	-	-	-	-	-
	junho/2005	<0,025	33,7±0,5	18,4±0,4	<0,05	17,4±1,2
	média	<0,025	33,7	18,4	<0,05	17,4
Padrão de potabilidade		1,5	250	10	-	250
Portaria 518/MS						
Referência de qualidade		-	-	10	-	-
para águas subterrâneas						
Valores orientadores						
(CETESB)						

Resultados das coletas de 2004

A seguir as FIG. 37 (a) e (b) e 38 (a) e (b) apresentam os resultados da distribuição dos íons cloreto, nitrato, fluoreto e sulfato avaliados nas amostras de água subterrânea. Como comparativo, destaca-se no gráfico, os limites estabelecidos na Portaria 518.

FIGURA 37 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons cloreto (a) e nitrato (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, coletadas em agosto de 2004.

Em dois poços artesianos, amostras de código 01 e 05, os resultados apresentaram teores em nitrato superiores ao recomendado pela Portaria 518. A amostra de código nº 1 foi retirada da R. Albertina nº 53 e a amostra de código nº 5 foi coletado na R. Martim Afonso de Souza nº 329. A amostra de nº 1 está 4 vezes acima do recomendado pela Portaria 518 e a amostra de nº 5 está 7 vezes acima do valor recomendado.

A presença elevada de concentrações de nitrato pode indicar a influência de esgotos sanitários (fossas sépticas), vazamentos de redes coletoras de esgoto ou influência de rios contaminados na zona de captações de poços.

FIGURA 38 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons fluoreto (a) e sulfato (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, coletadas em agosto de 2004.

Os demais íons mantiveram-se em valores inferiores aos recomendados pela Portaria 518 de potabilidade.

Resultados das coletas de 2005

Foram analisados os íons cloreto, nitrato, fluoreto e sulfato na amostras de codificação 01, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 11 e 12 no município de Santo André período de 2005. As FIG. 39 (a) e (b) e 40 (a) e (b) apresentam os resultados da distribuição dos íons nas amostras de água subterrânea, em 2005.

FIGURA 39 (a) e (b) – Distribuição da concentração dos íons nitrato (a) e cloreto (b) nas águas subterrâneas, dos pontos de amostragem 01, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 11 e 12 no município de Santo André, coletadas em junho de 2005.

Em três poços artesianos, amostras de códigos 01, 05 e 12, apresentaram teores em nitrato superiores ao recomendado pela Portaria 518. Os pontos de amostragem 01 e 05 são os mesmos coletados no ano anterior e, continuaram apresentando teor de nitrato superior a Portaria e com valores extremamente elevados.

A amostra de código nº 1 foi retirada da R. Albertina nº 53, a amostra de código nº 5 foi coletado na R. Martim Afonso de Souza nº 329 e a amostra de nº 12 na R. Coronel Seabra nº 321. A amostra de nº 1 está 4 vezes acima do valor recomendado pela Portaria 518, a amostra de nº 5 está 7 vezes acima e, a amostra nº 12 quase o dobro do valor recomendado pela portaria de potabilidade.

(a)

(b)

FIGURA 40 (a) e (b) - Distribuição da concentração dos íons sulfato (a) e fluoreto (b) dos pontos de amostragem 01, 04, 05, 06, 08, 09, 10, 11 e 12 no município de Santo André, coletadas em junho de 2005.

Os demais íons mantiveram-se em valores inferiores aos recomendados pela Portaria 518 de potabilidade.

A FIG. 41 apresenta os pontos de amostragem que apresentaram teores em nitrato acima da Portaria 518.

FIGURA 41 – Distribuição de nitrato nas amostras de água subterrâneas coletas em agosto de 2004 e junho de 2005

O nitrogênio de origem mineral ocorre em rochas denominadas evaporitos que não têm registro de ocorrência no estado de São Paulo. Dessa forma, pode-se dizer que o nitrato observado nas águas subterrâneas tem origem no ciclo biológico desse elemento na natureza (CETESB, 2004).

As principais fontes de nitrato para as águas subterrâneas são de origem antrópica difusa, em áreas urbanas: os esgotos sanitários (fossas), vazamentos de redes coletoras de esgoto, influência de rios contaminados na zona de captações de poços. Na área rural, aplicação de fertilizantes e insumos nitrogenados.

A ingestão de nitrato, através das águas de abastecimento, está associada à indução a metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas, dois efeitos adversos a saúde. O desenvolvimento da metemoglobinemia com base no nitrato presente nas águas potáveis depende da sua conversão bacteriana a nitrito durante a digestão que ocorre no trato gastrointestinal. As crianças, principalmente as menores de 3 meses de idade, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento dessa doença por causa das condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal (Silva et al., 2002).

É preciso avaliar a localização e a construção dos poços que apresentam concentrações de nitrato acima de 10 mg L^{-1} , bem como o uso e ocupação do seu entorno, como uma primeira etapa da investigação da origem dessa contaminação.

12.3.3 Resultado dos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos

A TAB. 28 apresenta os resultados obtidos quanto aos parâmetros bacteriológicos nas amostras de água subterrânea, coleta em junho de 2005. Os resultados representam a média de duas amostragens por poço.

Pela Portaria 518, é obrigatória a desinfecção das águas provenientes de poços destinados ao consumo humano, devem ser cloradas antes da distribuição. Devido a dificuldades de amostragem em alguns poços, a coleta foi realizada, após a cloração.

TABELA 28 - Parâmetros bacteriológicos avaliados nas amostras de água de poços, coleta de junho 2005, área urbana do município de Santo André, SP.

Identificação Ponto de coleta	Coliformes Totais (*Nmp/100mL) VMP=Ausente		Heterotrófitas **(UFC/mL) ***VMP= 500	Observações	Informações sobre a coleta da amostra nos poços
	TOTAIS	TERMOTOLERANTES			
01	Ausente	Ausente	06		coletada antes da cloração
02	-	-	-		-
03	-	-	-	-	-
04	Ausente	Ausente	05		coletada antes da cloração
05	Ausente	Ausente	02		coletada após a cloração -
06	Ausente	Ausente	03		coletada após a cloração
07	-	-	-		-
08	Ausente	Ausente	03		coletada após a cloração
09	Ausente	Ausente	<01		coletada após a cloração
10	Ausente	Ausente	07		coletada antes da cloração
11	Ausente	Ausente	610	Amostra não conforme	coletada antes da cloração
12	Ausente	Ausente	37		coletada antes da cloração

28. *número mais provável

29. **unidade formadora de colônia

30. ***VMP - Valor Máximo Permissível

Avaliando os resultados podemos observar que somente um dos pontos amostrados, a amostra de número 11, apresentou valores em desacordo com os padrões para bactérias heterotróficas. A amostra de nº 11 foi coletada na R. São Pedro nº 350, foi uma das amostras coletas sem acréscimo de cloro.

Este grupo de bactérias indica a ocorrência de poluição microbiológica. Entretanto, este grupo não possui ação patogênica. Uma ocorrência excessiva deste grupo indica infestações gerais. Dentro deste grupo encontramos alguns gêneros de bactérias bastante conhecidas como *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Serratia* e *Mycobacterium*.

O grupo de bactérias determinado coliformes totais são aqueles que não causam doenças, são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Esterobactéria*.

A TAB. 29 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos realizados nas amostras de água subterrânea coletada em junho de 2005.

TABELA 29 - Parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de água de poços, em junho de 2005. Média de duas amostragens.

Identificação Ponto de coleta	Cloro residual livre (mg L ⁻¹)	pH	Cor (UH)	Turbidez (UT)	Informações sobre a coleta da amostra nos poços
01	0,00	5,30	1	0,10	coletada antes da cloração
02	-	-	-	-	-
03	-	-	-	-	-
04	0,00	7,00	152	21,70	coletada antes da cloração
05	1,90	5,70	1	0,34	coletada depois da cloração
06	0,70	7,30	7	0,60	coletada depois da cloração
07	-	-	-	-	-
08	0,30	7,70	14	1,00	coletada depois da cloração
09	0,20	7,85	8	0,60	coletada depois da cloração
10	0,00	6,15	2	0,60	coletada antes da cloração
11	0,00	7,25	11	1,80	coletada antes da cloração
12	0,00	5,50	1	0,30	coletada antes da cloração
VMP	0,2(*)	6,0 a 9,5*	15,0	5,0	-

* Valores de água para Rede Pública; UH = Unidade de Hansen; UT= Unidade de Turbidez

Cabe salientar que, os poços artesianos denominados de pontos de coleta n^{os} 5, 6, 8, 9 recebem cloro no próprio sistema de saída.

Considerando os resultados obtidos podemos observar que somente um dos poços, o de código 4, está em desacordo com os padrões de turbidez e cor. Esta mesma amostra, como veremos a seguir, apresentou teores mais alto em ferro, um provável indicador da turbidez e cor. A amostra de n^o 4 foi coletada na Av. Pedro Américo n^o 1237.

De um modo geral, nas águas subterrâneas analisando os valores de pH se mantiveram relativamente de neutras para ácidos, entre 7,85 e 5,3. Considerando-se a faixa de estabelecida pela portaria de potabilidade, constata-se que 66% dos valores de pH das águas estudadas encontram-se dentro da faixa de 6,0 a 9,5 consideradas adequadas para consumo humano. O restante apresentou-se relativamente ácida entre 5,3 a 6,0. Cabe ressaltar que o uso das águas ácidas pode ocasionar problemas tais com, o ataque de metais, provocando corrosão nos equipamentos. Estudos realizados relacionam que um dos fatores para contribuir com a acidez das águas é a presença de CO₂ e ácidos húmicos livres em solução, um fenômeno típico de zonas tropicais e que esgotos domésticos e fossas também influenciam na variação do pH (5,7 a 6,4).

As amostras de n^{os} 1, 5 e 12 apresentam pH abaixo do valor de referência para águas da rede pública, são levemente ácidas. Se compararmos com os valores esperadas de águas subterrâneas (conforme, TAB. 01) apenas a amostra de n^o 1 está em desacordo.

12.3.4 Avaliação de Metais e Elementos - Traço

A TAB. 30 apresenta os resultados das análises dos metais e elementos-traço presentes na fração solúvel das amostras de água subterrânea nos pontos de coleta de 1 a 12. As medidas correspondem à coleta realizada nos meses de agosto de 2004 e junho de 2005.

Resultados das amostras no período de 2004 e de 2005

As FIG. 42 (a) e (b), 43 (a) e (b), 44 (a) e (b) e 45 (a) e (b) apresentam os resultados da distribuição dos metais e elementos – traço avaliados nas amostras de água subterrânea, coletadas em agosto de 2004, nos poços artesianos de código 1 a 7.

As FIG. 46 (a) e (b), 47 (a) e (b), 48 (a) e (b), 49 (a) e (b), 50 (a) e (b), 51 (a) e (b), 52 (a) apresentam os resultados da distribuição dos metais e elemento – traços avaliados nas amostras de água subterrânea, coletadas em junho de 2005, nos poços artesianos de código 1 a 12. Como comparativo destaca-se no gráfico os limites estabelecidos pela Portaria 518/04 (Brasil, 2004) e/ou valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo (CETESB - E, 2002, CETESB - F, 2005).

TABELA 30 – Determinação de metais e elementos – traço nas frações solúveis de amostras de água de poços artesianos no município de Santo André, no período de agosto de 2004 e junho 2005.

Elemento/ VMP(*)	Concentração (mg L ⁻¹)													
	Período coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	variação
P	Ago/04	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	0,050± 0,007	-	-	0,181± 0,105	0,060± 0,032	0,046± 0,006	-	0,040± 0,005	0,046± 0,006	0,261± 0,009	0,167± 0,014	0,052± 0,001	-
K	Ago/04	1,627± 0,007	-	1,694± 0,005	2,357± 0,001	2,225± 0,005	1,588± 0,008	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	1,550± 0,020	-	-	2,115± 0,005	1,995± 0,005	1,225± 0,005	-	1,385± 0,015	1,225± 0,005	1,100± 0,010	1,700± 0,010	1,430± 0,010	-
Ca	Ago/04	6,915± 0,065	-	20,005± 0,055	56,800± 0,500	6,425± 0,055	41,010± 0,025	-	-	-	-	-	-	-
	Jun/05	7,775± 0,125	-	-	60,100± 0,800	5,590+ 0,040	43,400± 0,100	-	13,950± 0,150	44,300± 0,100	14,200± 0,100	34,550± 0,050	16,250± 0,050	-
Fe (0,3 mg L ⁻¹)*	Ago/04	0,083± 0,009	-	0,469± 0,0705	3,802± 0,059	0,036± 0,009	0,046± 0,007	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	<0,006	-	-	1,420± 0,010	<0,006	<0,006	-	0,287± 0,011	<0,006	0,207± 0,069	0,199± 0,002	<0,006	3/14
	(0,3 mg L ⁻¹)**													
Ba (0,7 mg L ⁻¹)*	Ago/04	0,076± 0,001	-	0,090± 0,001	0,130± 0,001	0,106± 0,001	0,049± 0,002	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	0,068± 0,001	-	-	0,106± 0,003	0,082± 0,001	0,046± 0,001	-	0,002± 0,0001	0,048± 0,001	0,006± 0,0001	0,009± 0,0001	0,030± 0,002	0/14
	(0,7 mg L ⁻¹)**													
Co ** (0,005 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	<0,005	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
As * (0,01 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Se (0,01 mg L ⁻¹)*	Ago/04	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,0035± 0,0005	<0,001	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0/14
	(0,01 mg L ⁻¹)**													
Sb (0,005 mg L ⁻¹)*	Ago/04	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	
	Jun/05	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0/14
	(0,005 mg L ⁻¹)**													

Cont.

Elemento/ VMP(*)	Período coleta	Concentração (mg L ⁻¹)												variação
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	
Hg (0,001 mg L ⁻¹)* (0,001 mg L ⁻¹)**	Ago/04	<0,0008	-	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	-	-	-	-	-	-	3/14
	Jun/05	<0,0008	-	-	<0,0008	<0,0008	<0,0008	-	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	
Cd (0,005 mg L ⁻¹)* (0,005 mg L ⁻¹)**	Ago/04	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,0001	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Pb (0,01 mg L ⁻¹)* (0,01 mg L ⁻¹)**	Ago/04	<0,001	-	<0,001	<0,001	0,0065± 0,0015	<0,001	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	0,0025± 0,0005	-	-	0,0020± 0,0005	0,0035± 0,005	0,0015± 0,0005	-	0,0020± 0,0005	0,0015± 0,0005	0,0020± 0,0005	0,0050± 0,0005	0,0020± 0,0005	
B ** (0,5 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	-	-	-	-	-	-	-
	Jun/05	<0,004	-	-	<0,004	<0,004	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,043± 0,0005	
Al (0,2 mg L ⁻¹)* (0,2 mg L ⁻¹)**	Ago/04	0,059± 0,013	-	0,0425± 0,0025	0,046± 0,019	0,316± 0,002	0,055± 0,005	-	-	-	-	-	-	2/14
	Jun/05	0,012± 0,077	-	-	0,090± 0,009	0,206± 0,008	0,074± 0,005	-	0,024± 0,003	0,073± 0,002	0,047± 0,015	0,054± 0,011	0,040± 0,003	
Cr (0,05 mg L ⁻¹)* (0,05 mg L ⁻¹)**	Ago/04	<0,0004	-	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,0025± 0,0005	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,0004	-	-	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	
Mn (0,1 mg L ⁻¹)* (0,4 mg L ⁻¹)**	Ago/04	0,019± 0,001	-	0,054± 0,001	0,436± 0,002	0,096± 0,001	0,132± 0,001	-	-	-	-	-	-	6/14
	Jun/05	0,042± 0,003	-	-	0,415± 0,005	0,047± 0,001	0,079± 0,064	-	0,091± 0,020	0,058± 0,002	0,169± 0,004	0,133± 0,001	0,126± 0,001	
Ni ** (0,020 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Cu (2 mg L ⁻¹)* (2 mg L ⁻¹)**	Ago/04	<0,007	-	<0,007	<0,007	0,055± 0,006	<0,007	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,007	-	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	

Cont.

Elemento/ VMP(*)	Período coleta	Concentração (mg L ⁻¹)												variação
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	
Zn (5 mg L ⁻¹)* (5 mg L ⁻¹)**	Ago/04	0,051 ± 0,007	-	0,267± 0,027	1,185± 0,025	0,306+ 0,072	0,071± 0,001	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	0,160± 0,002	-	-	0,358± 0,152	0,014+ 0,001	0,065± 0,022	-	0,037± 0,001	0,033± 0,001	0,006± 0,001	0,006± 0,001	0,011± 0,002	
Mo ** (0,07 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,002	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Cd ** (0,005 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,0001	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Ag ** (0,05 mg L ⁻¹)	Ago/04	<0,003	-	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	<0,003	-	-	<0,003	<0,003	0,0041± 0,0008	-	<0,003	0,0041± 0,0007	<0,003	<0,003	<0,003	
Sn	Ago/04	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	-	-	-	-	-	-
	Jun/05	<0,02	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
V	Ago/04	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	-	-	-	-	-	-	-
	Jun/05	<0,007	-	-	<0,007	<0,007	<0,007	-	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	
Na * (200 mg L ⁻¹)	Ago/04	8,50± 0,03	-	19,87± 0,07	17,99± 0,01	25,11± 0,11	9,78± 0,04	-	-	-	-	-	-	0/14
	Jun/05	8,41± 0,14	-	-	16,70+ 0,10	40,45± 0,15	10,25± 0,05	-	12,85± 0,15	29,05± 0,05	5,73± 0,05	13,90± 0,2	31,40± 0,10	
Mg	Ago/04	6,39± 0,01	-	2,64± 0,02	9,78+ 0,04	5,25± 0,05	11,45± 0,07	-	-	-	-	-	-	-
	Jun/05	6,76± 0,07	-	-	9,38+ 0,05	5,55± 0,01	13,45± 0,05	-	3,69± 0,03	2,94± 0,03	3,96± 0,01	5,93± 0,03	4,99± 0,01	

31. * - Portaria 518/2004 MS

32. ** - Valores orientadores para águas subterrâneas (CETESB-2005)

FIGURA 42 (a) e (b) – Distribuição dos elementos bário (a) e ferro (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.

FIGURA 43 (a) e (b) Distribuição dos elementos magnésio (a) e alumínio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.

FIGURA 44 (a) e (b) - Distribuição dos elementos manganês (a) e zinco (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.

FIGURA 45 (a) e (b) - Distribuição dos elementos potássio (a) e cálcio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem 01, 03, 04, 05 e 06 no município de Santo André, agosto de 2004.

Para teores de ferro as amostras identificadas com os n^{os} 3 e 4 ultrapassaram os valores estabelecidos pela Portaria 518. A amostra de n^o 3 localiza-se na Av.Alfredo Maluf 430 e a amostra de n^o 4, localiza-se a Av. Pedro Américo n^o 1237. A amostra de n^o 4 apresentava cor amarela clara quando da coleta e também apresentou turbidez e cor quando realizadas estes ensaios.

Para alumínio, na amostra de n^o 5, apresentou teores acima do recomendado pela Portaria 518.

Para manganês duas amostras ficaram acima da Portaria 518, as amostras de n^{os} 4 e 6. A amostra de n^o 4 localiza-se na Av.Pedro Américo n^o 1237 e a amostra de n^o 6, localiza-se R. Portugal n^o 79.

FIGURA 46 (a) e (b) - Distribuição dos elementos fósforo (a) e cálcio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1, 4, 5, 6, 8, 9 10, 11 e 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

FIGURA 47 (a) e (b) - Distribuição dos elementos ferro (a) e bário (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

FIGURA 48 (a) e (b) - Distribuição dos elementos selênio (a) e magnésio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

(a)

(b)

FIGURA 49 (a) e (b) - Distribuição dos elementos chumbo (a) e boro (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

(a)

(b)

FIGURA 50 (a) e (b) - Distribuição dos elementos alumínio (a) e manganês (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

FIGURA 51 (a) e (b) – Distribuição dos elementos zinco (a) e sódio (b) nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

FIGURA 52 - Distribuição dos elementos prata nas amostras de água subterrânea coletadas nos pontos de amostragem de 1 a 12 no município de Santo André, em junho de 2005.

Para o ferro, na amostra identificada com o nº 4 ultrapassou os valores da Portaria 518. O poço artesiano localiza-se a Av. Pedro Américo nº 1237. Esta mesma amostra de nº 4 apresentou teores acima da portaria também em 2004.

Para o alumínio a amostra de nº 5 apresentou teores acima do recomendado pela portaria de potabilidade.

Para o manganês, 4 amostras ficaram acima da Portaria 518, as amostras de nºs 4, 10, 11 e 12. A amostra de nº 4 localiza-se na Av. Pedro Américo nº 1237, a amostra de nº 10, localiza-se R. Márcia Mendes nº 41, a amostra de nº 11, localiza-se R. São Pedro nº 345 e a amostra de nº 12, localiza-se R. Coronel Seabra nº 321.

Tratamento matemático e estatístico dos dados

A análise estatística multivariada é uma ferramenta essencial que ajuda a avaliar os resultados, organizar, interpretar e analisar dados, como informações sobre as principais tendências da variabilidade das observações: concentração dos diversos íons, metais, traços, localização da amostragem. Esse método reduz a complexidade do problema em questão, sem acarretar numa perda relevante de informações, ao mesmo tempo em que evidencia as relações entre as variáveis constituintes da base de dados.

A partir do Programa Estatístico *Statistic 7.0* da *Statsoft* realizaram-se vários estudos interpretativos dos dados obtidos. A TAB. 31 apresenta a estatística descritiva dos vários elementos analisados nos 12 pontos de coleta no município de Santo André no período estudado.

TABELA 31 - Estatística descritiva no período de 2004 e 2005 dos elementos - traço, cor, pH, turbidez, cloreto, nitrato, sulfato e fluoreto

Elementos	Descrição Estatística no período de 2004 e 2005					
	medidas válidas	média	mediano	mínimo	máximo	desvio padrão
Fe	10	0,388	0,122	0,006	2,611	0,796
Ba	10	0,052	0,048	0,002	0,118	0,041
Pb	10	0,002	0,002	0,001	0,005	0,002
Al	10	0,071	0,050	0,024	0,261	0,068
Mn	10	0,126	0,098	0,030	0,425	0,113
Zn	10	0,146	0,052	0,006	0,771	0,235
Mg	10	5,815	5,195	2,640	12,450	3,090
P	10	0,074	0,043	0,004	0,260	0,079
K	10	1,587	1,509	1,100	2,236	0,363
Ca	10	25,683	18,127	6,007	58,450	17,957
Na	10	18,144	15,622	5,730	32,780	9,842
pH	10	18,144	15,622	5,730	32,780	9,842
cor	9	21,889	7,000	1,000	152,000	49,027
turbidez	9	3,004	0,600	0,100	21,700	7,028
cloreto	10	13,154	9,8620	2,525	33,700	10,162
nitrato	10	14,279	0,495	0,050	75,925	25,636
sulfato	10	13,888	6,595	0,195	78,250	23,111
fluoreto	10	0,084	0,052	0,025	0,285	0,088

A FIG. 53 apresenta a distribuição dos elementos Fe, Ba, Pb, Al, Mn, Zn, P e fluoreto analisados nas águas subterrâneas nos 12 pontos de coletas dos poços artesianos em 2004 e 2005.

FIGURA 53 - Distribuição dos elementos nos vários pontos de coleta.

Avaliando os resultados apresentados na FIG. 53 podemos observar que o ponto de coleta n° 4174 apresentou uma maior variação para as concentrações de Fe, Zn, e Mn. Demais amostras apresentam valores relativamente baixos para os demais elementos.

A FIG. 54 apresenta a distribuição dos elementos Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato analisados nos pontos de coletada dos poços artesianos do município de Santo André.

FIGURA 54 - Distribuição dos elementos nos vários pontos de coleta.

Observa-se pela FIG. 54 a variação das concentrações dos elementos analisados Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato nos pontos de amostragem 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 e 12. As maiores concentrações em nitrato são observadas nos pontos de coleta de nºs 1, 5 e 12, a concentração mais alta em sulfato é apresentada no ponto de coleta nº 12, as concentrações de Ca e Na tiveram variações em todos os pontos de coleta porém permaneceram abaixo dos valores recomendado.

A FIG. 55 apresenta a distribuição dos elementos Fe, Ba, Pb, Al, Mn, Zn e P por faixa de concentração, para os vários elementos analisados, em cada ponto de coleta.

FIGURA 55 - Distribuição dos elementos analisados, por faixas de concentrações nos locais de coleta.

Observa-se pela FIG. 55 que o ponto de coleta de nº 4 foi a que apresentou a maior faixa de concentração para o Fe, a redor de 2,2 mg L⁻¹ e a segunda maior concentração para Zn, 1,0 mg L⁻¹ enquanto os demais pontos de coletas ficaram com valores inferiores de concentração entre 0,6 e 0,2 mg L⁻¹ para os demais elementos.

A FIG. 56 apresenta a distribuição dos elementos Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato por faixa de concentração para os vários elementos analisados em cada ponto de coleta das águas subterrâneas do município de Santo André.

FIGURA 56 - Distribuição dos elementos analisados, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André.

Pela FIG. 56 observa-se a faixa de concentração que variou os elementos Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato. A maior variação de concentração apresentou o ponto de coleta de nº 9 para sulfato ficou entre 70 mg L⁻¹, também alta a concentração para nitrato do ponto de coleta nº 5, a concentração ficou entre a faixa dos 70 mg L⁻¹. O ponto de coleta de nº 4 apresentou concentração para Ca na faixa de 60 mg L⁻¹. Os demais elementos variaram a concentração de 50 a 10 mg L⁻¹.

As representações gráficas do tipo *Blox-plot* possibilitam a visualização da assimetria da distribuição, a faixa de variação dos dados, além de permitir a detecção de possíveis pontos extremos, que podem ou não ser excluídos da análise.

As representações de *box-plot* possibilitam ainda a visualização das seguintes grandezas estatísticas: a média, a mediana (divide o conjunto de dados ao meio, deixando metade dos dados abaixo e metade acima dele), o terceiro quartil (é o valor que deixa $\frac{3}{4}$ das observações abaixo dele) e os valores extremos da distribuição dos dados. Os pontos extremos podem indicar erros de amostragem, de medida e, mesmo, de transcrição dos dados, ou ainda, simplesmente, um comportamento fora do habitual. Por isto, dispensou-se uma atenção especial a eles, já que afetam a média e a variabilidade dos dados, podendo até distorcer o resultado das interferências estatísticas.

As FIG. 57 e 58 apresentam o gráfico tipo *Box Plot* das variáveis estudadas.

A FIG. 57 apresenta o *box plot* para os elementos Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato nos pontos de coletas em 2004 e 2005.

FIGURA 57 – *Box Plot* dos elementos analisados Mg, K, Ca, Na, cloreto, nitrato e sulfato, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André

As maiores faixas de concentrações foram observadas nos elementos Ca, Na, cloreto e nitrato.

A FIG. 58 apresenta o *box plot* para os elementos Fe, Ba, Pb, Al, Mn, Zn, P e fluoreto nos pontos de coletas em 2004 e 2005.

FIGURA 58 – *Box Plot* dos elementos analisados Fe, Ba, Pb, Al, Mn, Zn, P e fluoreto, por faixas de concentrações nos 12 locais de coleta no município de Santo André.

A maior variação de concentração foi observada para o elemento Fe.

Com o objetivo de agrupar os poços tubulares com o mesmo comportamento dos elementos analisados foram construídos gráficos em que são representados alisamentos do diagramas de dispersão em função do ponto de coleta. Esta técnica permite visualizar possíveis tendências das concentrações dos elementos no estudo. Os resultados obtidos por essa técnica foram analisados através de sua representação gráfica denominada dendogramas e/ou projeção dos pontos de coleta.

As FIG. 59 e 60 apresentam os dendogramas para os elementos analisados nos 12 pontos de coleta entre 2004 e 2005.

FIGURA 59 - Dendogramas para os elementos analisados nos 12 pontos de coleta entre 2004 e 2005.

Com os resultados apresentados no dendogramas da FIG. 59 é possível identificar 3 agrupamentos semelhanças. O primeiro agrupamento é formado pelos pontos de coleta nº 1, nº 12 e nº 6, o segundo agrupamento o ponto de coleta nº 8, nº 11 e nº 10. O terceiro grupo os pontos de coleta de nºs 3 e 9. Sendo que os pontos de coleta nºs 4 e 5 não se relacionam com os demais pontos de coleta.

FIGURA 60 - Dendogramas para os elementos analisados nos 12 pontos de coleta entre 2004 e 2005.

Observando-se o dendogramas da FIG. 60 é possível identificar 6 agrupamentos. O primeiro agrupamento Fe, Zn e Mn. O segundo agrupamento Ba e K. O terceiro grupo Mg, Ca, pH. O quarto agrupamento sulfato e fluoreto. O quinto grupo Pb, Al e nitrato e o sexto agrupamento Na e cloreto.

A FIG. 61 apresenta no mapa do município de Santo André os parâmetros que deram superiores a Portaria 518 de potabilidade nos vários locais de coleta, como também podemos verificar os três agrupamentos formados pelos pontos de coleta nº 1, nº 12 e nº 6, os ponto de coleta nº 8, nº 11 e nº 10 e os pontos de coleta de nºs 3 e 9, os poços que tem características semelhantes quanto aos parâmetros analisados.

FIGURA 61 – Apresenta os parâmetros que deram superiores aos recomendados pela Portaria 518 nos vários locais de coleta.

12.3.5 Processos de remediações em andamento no município de Santo André

A grande quantidade de tecnologias de remediação existentes no mundo é de conhecimento e domínio, pelo menos teórico, das empresas nacionais do segmento. Mas isso não significa que na prática elas tenham sido empregadas no país. Tanto é assim que das 1.504 áreas contaminadas no estado de São Paulo em maio de 2005, apenas 36% delas estavam com remediação em andamento e somente 1% contava com projeto concluído. Nesta lista, no município de Santo André aparecem 51 áreas que apresentaram contaminação sendo 42 de postos de combustíveis.

Em Santo André são tomadas providências iniciais quando ocorre a constatação da contaminação por vazamento dos tanques de combustíveis, tais como: a ventilação e exaustão dos espaços confinados, monitoramento do índice de explosividade, remoção de materiais e o monitoramento ambiental.

A TAB. 32 apresenta uma relação das técnicas de remediação que estão sendo utilizadas no município de Santo André.

TABELA 32 - Relação dos processos de remediação que estão sendo utilizados no município de Santo André para postos de combustíveis.

PROCESSO DE REMEDIAÇÃO	QUANTIDADE DE POSTOS DE GASOLINA (unidade)
extração de vapores do solo (SVE), extração multifásica e remoção de solo/resíduo	1
bombeamento, tratamento e recuperação da fase livre	4
bombeamento, tratamento	4
extração multifásica e recuperação fase livre	1
extração de vapores do solo (SVE) e <i>air sparging</i>	2
bombeamento e tratamento e extração de vapores do solo (SVE)	1
nenhuma processo de remediação iniciada	29
TOTAL	42

Nas áreas que se encontram em remediação, referem-se basicamente a postos de gasolina e utilizam as tecnologias básicas: que extrai por vácuo a água e vapores, remoção da fase livre, biorremediação e barreiras hidráulicas. Verifica-se que o bombeamento e tratamento e a recuperação de fase livre foram as técnicas mais empregadas no tratamento das águas subterrâneas, enquanto a extração de vapores e a remoção de solo e resíduo destacam-se como as técnicas mais utilizadas para os solos.

De um total de 42 postos de gasolina contaminados no município de Santo André, 29 postos de combustíveis não iniciaram ainda a remediação, os demais iniciaram a remediação e nenhum teve o projeto concluído, bem parecido ao quadro apresentado para o estado de São Paulo.

13 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos durante a avaliação da qualidade da água subterrânea dos poços de captação na região urbana do município de Santo André, e dentro dos diferentes tópicos abordados durante o desenvolvimento deste trabalho, pode-se concluir que:

- Os poços tubulares avaliados, próximos a postos de combustíveis automotivos que apresentaram contaminação por vazamento de seus tanques de armazenamento subterrâneo, não apresentaram evidências de contaminação de suas águas por hidrocarbonetos, os BTEX.
- As águas subterrâneas apresentaram boa qualidade para consumo humano em 97,0 % dos poços artesianos analisados.
- A maioria dos poços estudados apresentou valores de cor e turbidez dentro dos padrões estabelecidos para água potável com exceção do poço de nº 04, que apresentou valores de 152 UH (Unidade de Hansen) e 21,7 UT (Unidade de Turbidez), respectivamente, muito superior ao limite máximo estabelecido. Este valor elevado pode refletir o elevado teor de ferro total e manganês observado nessas águas, que foram de 3,8 e 0,43 mg L⁻¹, respectivamente.
- Três poços artesianos, amostras de códigos nºs 01, 05 e 12, apresentaram elevados teores de nitrato, muito superior ao recomendado como padrão de potabilidade, concentração máxima de 10 mg L⁻¹ (quatro, sete e duas vezes, respectivamente) e também acima dos valores orientadores para água subterrânea no estado de São Paulo (concentração máxima para intervenção de 10 mg L⁻¹). Nesses casos, o lençol freático pode estar próximo a córrego contaminado e/ou de tubulações de esgoto com vazamentos, elevando o teor de nitrato nessas águas, sendo necessário uma maior investigação.

- 52% das águas subterrâneas do município de Santo André são utilizadas para uso múltiplo, limpeza, lazer, abastecimento publico, 48% na indústria.
- O banco de dados digital criado, com informações georeferenciados sobre postos de combustíveis e poços tubulares, possibilitou realizar um primeiro diagnóstico da distribuição das várias fontes com potencial de contaminação em toda a área investigada. Esse banco de dados está sendo utilizado como uma ferramenta gerencial pelo SEMASA, no processo de licenciamento ambiental, iniciado a partir de 2006.
- Os indicadores avaliados mostraram que os postos de Bandeira Branca (não atrelado a nenhuma distribuidora) são mais numerosos, tanto na distribuição nacional, como no estado de São Paulo. O mesmo resultado foi observado no município de Santo André. Foi possível observar também que esse número tem aumentado muito nos últimos três anos (2003-2005).
- Os estudos mostram que uma maior incidência de contaminação por hidrocarbonetos foi observada para os postos instalados há mais de 30 anos. Foi observado também que 31% destes postos foram autuados ou interditados pela ANP e destes 43% são Bandeira Branca.
- Apesar de não terem sido detectados hidrocarbonetos nas águas subterrâneas, existem várias fontes com potencial de contaminação por combustíveis em toda a área investigada. Poços próximos a tanques armazenadores subterrâneos de combustível instalados há mais de 15 anos devem ser investigados de modo a não comprometer a integridade do poço.
- Nos diversos cadastros existentes chega-se a um total de 175 poços artesanais. Acredita-se, entretanto que exista na realidade um número muito superior a esse, de poços não cadastrados e que essa quantidade seja muito mais numerosa, principalmente dentro dos postos de gasolina. A disponibilidade instalada atual é de $1.586 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ de água para todo o município.

- De um modo geral, nas águas subterrâneas analisando os valores de pH se mantiveram relativamente de neutros para ácidos entre 7,85 e 5,3. Considerando-se a faixa de estabelecida pela portaria de potabilidade, constata-se que 66% dos valores de pH das águas estudadas encontram-se dentro da faixa de 6,0 a 9,5 consideradas adequadas para consumo.
- Somente um dos pontos amostrados, a amostra de número 11, apresentou valores em desacordo com os padrões para bactérias heterotróficas. O valor encontrado foi 610 UFC mL⁻¹ (Unidade Formadora de Colônia) e o máximo permitido para águas potáveis é 500 UFC mL⁻¹.
- Há três agrupamentos de poços tubulares que apresentam as mesmas características. O primeiro grupo os pontos de coleta n^{os} 1, 2 e 6; o segundo grupo os pontos de coleta n^{os} 8, 11, 10 e o terceiro grupo os pontos de coleta n^{os} 3 e 9. Os pontos de coleta n^{os} 5 e 4 não se relacionam com os demais.

**Anexo I - BANCO DE DADOS DOS POSTOS DE GASOLINA DO MUNICÍPIO
DE SANTO ANDRÉ – atualizado 25/07/05**

FONTES DO BANCO DE DADOS: CADASTROS DA CETESB (09/11/2004), PREFEITURA DE SANTO ANDRÉ (27/03/2005), ANP (13/05/2005), RECEITA FEDERAL E COMPANHIA TELEFÔNICA

São no total 154 (cento e cinquenta e quatro) postos de abastecimento no município de Santo André. Até final de 2004 foram identificados 42 (quarenta e dois) postos de gasolina que apresentaram contaminação.

Os postos de gasolina assinalados na **cor vermelha** no Banco de Dados apresentam **contaminação devido ao vazamento de seus tanques de armazenamento de combustíveis**.

As **cores azuis** identificam as **autuações e/ou interdições** pela **ANP** (Agência Nacional de Petróleo) dos postos de gasolina. Estes postos inicialmente são autuados devidos a irregularidades desde adulteração de combustíveis, precariedades dos equipamentos, a falta de registros para o seu funcionamento junto aos órgãos públicos e dependendo das irregularidades tem suas bombas de abastecimento lacradas, portanto o posto é interditado pelo ANP.

As **cores verdes** mostram na listagem as datas de convocações pela **CETESB** (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) para o **Licenciamento Ambiental** dos postos de combustíveis.

Muitos postos de combustíveis apresentam duplicidades de nomes, aparece em um cadastro de um órgão com um nome e em outro órgão com outro nome, porém neste banco de dados manteve-se a informação de todos os nomes existentes.

Legenda da Tabela:

Classificação Fiscal – dado obtido da PMSA (Prefeitura Municipal de Santo André) localiza o imóvel junto ao setor, quadra e lote do município.

Cadastro Municipal do Contribuinte (CMC) – dado obtido da PMSA.

Código da atividade – na PMSA recebe um número que identifica como posto de combustível, foram utilizados dois banco de dados desde 2002 a 2005, o *NET TERM* e *BDM*.

Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) – permite saber o período de instalação do posto de gasolina e se está ativo ou inativo.

Bandeira - identifica a qual distribuidora de combustível o posto de gasolina pertence.

Convocação pela CETESB – época determinada para o posto de combustível obter o licenciamento ambiental (CONAMA 273).

BANCO DE DADOS DOS POSTOS DE GASOLINA DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ – atualizado 25/07/05

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
1	Alexandre Adabo-Combustíveis Marcelo Campagnaro Comb.Auto Posto SS Nova Mauá (Prefeitura/ANP)	25123031 25-setor 123-quadra 031-lote	016187	029021* 53610** * NET TERM ** BDM	R.Giovanni Battista Pireli 1980	Vila. Homero Thon	09111-340	02.449.748/0001-00 02/04/1998 (07 anos) 05.192.132/0001-86 17/07/2002 (03 anos)	ESSO	31/01/2007 fone: 49782377
2 ANP 1 vez	Alvorecer Auto Posto Ltda Autuado e interditado(04/04)	17109062	054067	029021 53610	Av. Atlântica 1155	ValParaíso	09060-001	74.652.488/0001-78 18/04/1994 (11 anos)	SHELL	31/01/2006 fone; 44267315 44256505
3	Auto Posto Alemão Ltda	06101001	017033	029021 53610	Av. Martim Francisco 65	Jardim Santo André	09230-700	57.507.477/0001-85 29/08/1966 (39 anos)	AGIP	30/07/2002 fone: 44726969
4 ANP 5 vezes	Auto Posto Amapá Ltda Autuado (01/01,11/01,10/03) e Interditado (01/01,11/01,10/03)	10182008 REFORMA COMPLETA	001855	029021 53610	R.Oratório 3220	Parque Oratório	09251-000	57.488.306/0001-56 29/07/1966 (39 anos)	SHELL (ANP)	Fone: 44796708 44720584
5	Auto Posto André Luiz Ltda	14054034	079906	029021 53610	Av.Itamarati 1927	Vila. Curuçá	09280-250	63.926.588/0001-29 16/07/1990 (15 anos)	BR (ANP)	31/07/2005 fone: 44721627
6 ANP 2 vezes	Auto Posto Aramaçam Ltda Autuado(12/01 e 01/03)	09108034	029149	029021 53610	Largo Três de Maio 10	Vila Pires	09195-500	44.199.156/0001-19 30/04/1973 (32 anos)	BRANCA	31/07/2002 fone: 44524016

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
7	Auto Posto Automan Ltda C8 31/01/2006	0100800	077661	029021 53610	Av.Industrial 3419	Campestre	09280-511	63.056.287/0001-91 25/05/1990 (15 anos) 48.137.996/0001-08	SHELL	31/01/2006
8	Auto Posto Badejo Ltda C2 28/02/2003	16172044 CONDIÇÕES MINIMAS	003378	029021 53610	R. Evangelista de Souza 1938	Parque Capuava	09260-411	17/05/1985 (20 anos)	AXIAL	28/02/2003 fone: 44790876
9	Auto Posto Bandeira Branca Ltda C10 31/01/2007	11029001	118607	029021 53610	R. Carijós 2031	Jardim do Estádio	09180-001	02.709.612/0001-83 10/02/1998 (07 anos) 57.493.397/0001-18	BRANCA	31/01/2007 fone: 44539844
10 ANP 1 vezes	Auto Posto Barbacena Ltda C2 28/02/2003 Autuado (02/05)	04052063 REFORMA COMPLETA	003494	029021 53610	R.Alm.Marques de Barbacena 134	Santa Terezinha	09210-510	25/07/1966 (39 anos)	BR	28/02/2003
11	Auto Posto Beira Rios Ltda C1 30/07/2002	01174010	036031	029021	Av.Industrial 2650	Campestre	09080-501	57.603.409/0001-10 11/02/1970 (35 anos)	AGIP Fone: 49915724 49917338	30/07/2002 licença prévia e de instalação em análise desde 31/07/2003
12	Auto Posto Bela Vista Ltda C1 30/07/2002	17204021	023154	029021 53610	R.Gonçalo Fernandes 441	Jardim Bela Vista	09040-000	57.513.012/0001-37 30/08/1966 (39 anos)	BRANCA (ANP)	30/07/2002
13 ANP 3 vezes	Auto Posto Ben Hur Autuado e interditado(02/01) Autuado(03/03, 04/03) C1 30/07/2002	01199024	009726	029021 53610	Al.Campestre 901	Campestre	09070-200	44.205.144/0001-50 09/10/1973 (32 anos)	IPIRANGA	30/07/2002

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
14 ANP 1 vez	Auto Posto Bilionário Ltda (ANP/Telefônica) C7 30/07/2005 Fartura Auto Posto Ltda (Prefeitura/ANP) Autuado (10/99)	17140069	136458	029021 53610	Av. Prestes Maia 3430	Vila Sacadura Cabral Campestre	09071-000	04.181.9111/0001-13 29/11/2000 (05 anos) 65.433.948/0001-86 28/01/1991 (14 anos) RECEITA INAPTA	BRANCA BR (ANP)	31/07/2005 fone: 49914885
15	Auto Posto Bordighera Ltda Auto Posto Paladino Ltda(Prefeitura/ANP) C9 31/07/2006	06177069	127113	029021 53610	Av.dos Estados 6761	Parque João Ramalho Vila metalúrgica Santa Terezinha	09290-340 09211-970	00.409.553/0001-00 24/01/1995 (10 anos)	ESSO	31/07/2006 fone: 44724957
16	Auto Posto Cabeça Branca Ltda C1 30/07/2002	05146031	072035	029021 53610	Av.dos Estados 6700	Parque Jaçatuba	09290-520	59.258.699/0001-37 19/07/1988 (17 anos)	SHELL Fone: 44014677 49752468	30/07/2002 licença de operação em análise desde 22/09/2003
17	Auto Posto Camilópolis Ltda	08123005	001096	029021 53610	R.Leonilda 313	Vila Camilópolis	09230-260	45.560.117/001-68 19/06/1974 (29 anos)	SHELL	Licença prévia e de de de instalação desde 04/09/2002
18	Auto Posto Campeche Ltda/ Atividade revogada ANP	19301004	076720	029021 53610	Av...Aclimação 187	Jardim Estádio	09172-030	64.088.289/0001-25 09/04//1990 (15anos)	MERCOIL (ANP)	Fone: 44259198
19	Auto Posto Capitão Brasil Ltda (Prefeitura, ANP)	0920885		53610	R.Giovanni Battista Pirelli 340	Vila Homero Thon	09111-340	06.190.044/0001-08 30/12/2003 (02 anos)	BRANCA (ANP)	Fone: 44744462 44745057
20 ANP 1 vez	Auto Posto Capricho II Ltda (CETESB) Centro Automotivo Bariloche Ltda (Prefeitura/ANP/Receita Federal) Autuado (01/03) C1 30/07/2002	11320069	063393	029021 53610	Est. do Pedroso 1000	Jardim Santo André Pq.Miami	09132-180	55.196.737/0001-13 27/11/1985 (20 anos)	BRANCA	30/07/2002 fone: 44516884

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
21	Auto Posto Capricho I de Santo André C2 28/02/2003	05058034 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL	023107	029021 53610	Av.João Ramalho 207	Vila Assunção	09030-320	56.044.803/0001-00 10/07/1986 (19 anos)	BR Fone: 44367864	28/02/2003 licença previa de instalação em análise desde 17/07/2003 30/07/2002
22	Auto Posto Cata Preta Ltda C1 30/07/2002	27081058	063755	029021 53610	R.dos Dominicanos 53	Jardim Santo André	09132-150	54.953.542/0001-08 25/09/1985 (20 anos)	BRANCA	
23 ANP 1 vez	Auto Posto Centreville Ltda Autuado e interditado (10/03) C2 28/02/2003	07092084 CONDIÇÕES MÍNIMAS	079204	029021 53610	Av.Valetim Magalhães 830	Vila Guarani	09120-000	55.053.375/0001-01 08/07/1987 (18 anos)	ESSO	28/02/2003 fone: 44580602
24 ANP 5 vezes	Auto Posto Centurion II Ltda Autuado e interditado (04/02,12/02, 07/03,10/03) C1 30/07/2002	16007035	056428	029021 53610	R.Oratório 5120	Parque Novo Oratório Parque Oratório	09260-510	55.623.201/0001-37 28/06/1991 (14 anos)	BRANCA	31/01/2006 fone: 49756856 44723055
25	Auto Posto Dias Ltda C2 28/02/2003	15119001 REFORMA COMPLETA	032128	029021 53610	R.Regente Feijó 428	Vila Assunção	09030-000	57.554.487/0001-71 07/04/1967 (38 anos)	ESSO	28/02/2003 fone: 44368498
26 ANP 4 vezes	Auto Posto D. Pedro Ltda Autuado e interditado(01/01, 02/01,01/03,06/04) C3 31/07/2003	01062056 REFORMA COMPLETA	006604	029021 53610	Av. D. Pedro II 2180	Campestre	09080-001	57.484.883/0001-70 10/04/1967 (38 anos)	BRANCA (ANP)	Fone: 4991853
27	Auto Posto Don Pepe Ltda C6 31/01/2005	17074011	080829	029021 53610	Av.Atlântica 690	ValParaíso	09060-001	66.130.824/0001-94 21/06/1991(14 anos)	BR	31/01/2005 fone: 44251055

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFI- CAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
28	Auto Posto Éden Ltda C4 31/01/2004	14036001 INTERME- DIARIA	017450	029021 53610	Av.Itamarati 2753	Parque Erasmo Assunção (Dias)	09271-410	47.830.559/0001-02 25/05/1976 (29 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 44763062 44759743
29	Auto Posto Equador Ltda C5 31/07/2004	13023046	026599	029021 53610	R.Cel.Seabra 600	Vl. Alzira Vl.Assunção	09176-000	68.883.479/0001-95 22/09/1992 (13 anos)	IPIRANGA	31/07/2004 fone: 44519068
30	Auto Posto Estonia Ltda C4 31/01/2004	10197090	061260	029021 53610	Av.das Nações 826	Parque Oratório	09260-000	54.997.143/0001-49 11/10/1985 (25 anos)	SHELL	31/01/2004 fone: 44763015
31	Auto Posto Estrela das Nações Ltda C5 31/07/2004	16162055	078223	029021 53610	Av.das Nações 2551	Parque Capuava Parque Novo Oratório	09270-260	38.991.675/0001-12 03/07/1990 (15 anos)	BR	31/07/2004 fone: 44721496
32	Auto Posto Estrela das Maior Ltda C1 30/07/2002	15051006	023150	029021 53610	Av.Lino Jardim 1133	Vila Bastos	09041-031	57.558.579/0001-20 21/08/1967 (38 anos)	IPIRANGA	30/07/2002 fone: 4437-3033 49945477
33	Auto Posto Don Pepe Ltda C6 31/01/2005	17074011	080829	029021 53610	Av.Atlântica 690	ValParaíso	09060-001	66.130.824/0001-94 21/06/1991 (14 anos)	BR	31/01/2005 fone: 44251055
34	Auto Posto F1 Ltda C6 31/01/2005	04140001	003190	029021 53610	R.Oratório 400	Bangu	09280-550	44.203.610/0001-68 20/08/1973 (32 anos)	BRANCA	31/01/2005 fone: 49972422
35 ANP 6 vezes	Auto Posto Flor D'Água Ltda Autuado e interditado (11/99,02/00, 03/00,10/01, 10/03) Autuado (01/03) C1 30/07/2003	11056003	066278	029021 53610	R.Carijós 3451	Jardim do Estádio Jardim Alvorada	09180-001	55.785.448/0001-50 30/05/1986 (24 anos)	BRANCA	30/07/2002 fone: 44539303 49739299

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
36	Auto Posto Flor da Praia Ltda C7 31/07/2005	13088022	009723	029021 53610	Av. Andrade Neves 592	Vila Helena	09175-360	44.201.853/0001-67 27/06/1973 (32 anos)	IPIRANGA	31/07/2005 fone: 44511133
37	Auto Posto Gaivota Ltda C6 31/01/2005	08009039	008201	029021 53610	Av. Martim Francisco 205	Parque .das Nações	09230-700	51.136.232/0001-02 04/07/1979 (26 anos)	BRANCA	31/01/2005 fone: 44720988
38	Auto Posto Galan (Galã) Ltda C2 28/02/2003	13247013 REFORMA COMPLETA	024861	029021 53610	R. Carijós 1809	Vila Linda	09180-001	51.142.388/0001-04 01/10/1979 (26 anos)	SHELL	28/02/2003 fone: 49726873
39	Auto Posto Gastec Ltda	15029089	121519	029021 53610	R. Corumbá 70	Vila Alice	09040-271	03.029.333/0001-31 01/12/1998 (07 anos)	BRANCA Fone: 44322079 44388474	Licença de Operação emitida desde 31/10/2002
40 ANP 1 vez	Auto Posto Grande ABC Ltda Autuado (03/00) C6 31/01/2005	07188039	092574	029021 53610	Av. Valentim Magalhães 901	Parque Gerassi	09120-410	73.092.801/0001-06 23/11/1993 (12 anos)	BRANCA	31/01/2005 fone: 44586029
41	Auto Posto Guigui Ltda Samig George Ghenaïm C3 31/07/2003	03068008 REFORMA COMPLETA	052420	029021 53610	R. das Monções 618	Jardim	09090-521	44.377.489/0001-90 27/06/1973 (32 anos)	SHELL	31/07/2003 Fone: 49948214 44323036
42	Auto Posto Guizzo Ltda C2 28/02/2003	07153050 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL	028810	029021 53610	Av. Pedro Américo 1237	Vila Humaita	09110-560	44.044.550/0001-88 20/08/1974 (31 anos)	BRANCA	28/02/2003 fone: 44742579
43 ANP 1 vez	Auto Posto HJ Ltda Autuado (01/03) C4 31/01/2004	23003036 CONDIÇÕES MÍNIMAS	076742	029021 53610	Av. Valentim Magalhães 1796	Vila Humaita	09130-410	61.681.425/0001-06 02/10/1989 (16 anos)	BRANCA	31/04/2004 fone: 44551545

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
44 ANP 1 vez	Auto Posto Hobby Ltda C8 31/01/2006 Autuado e interditado (10/04)	06100032	031360	029021 53610	R.Letônia 16	Parque das Nações	09280-100	51.122.901/0001-97 10/05/1979 (26 anos)	BRANCA	31/01/2006 fone: 44767666
45	Auto Posto Integração Ltda C1 30/07/2002	01135010	012364	029021 53610	R.das Figueiras 1415	Jardim	09080-370	44.203.974/0001-48 30/08/1973 (32 anos)	BR Fone: 44387887	Licença prévia e de instalação – documentação incompleta desde 11/07/2002
46	Auto Posto Irmãos Batistucci Ltda	16188035	004075	029021 53610	Av.Presidente Costa e Silva 1188	Parque Capuava	09270-000	47.173.356/0001-90 22/10/1975 (30 anos)	AGIP (ANP)	
47 ANP 1 vez	Auto Posto Itajubá Ltda/Auto Posto Classe Max Ltda Autuado (10/02) C4 31/01/2004	06042022 REFORMA COMPLETA	017837	029021	Av.Itamarati 1117	Vila Curuçá (Parque Jaçatuba).	09200-330 09290-730	43.328.160/0001-77 14/06/1982 (23 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 44765248 447668837
48	Auto Posto Jardim do Estádio Ltda C6 31/01/2005	11056001	078949	029021 53610	R.Carijós 3495	Jardim Estádio	09180-001	62.948.567/0001-41 15/05/1990 (15 anos)	BR	31/01/2005 fone: 44514133
49 ANP 1 vez	Auto Posto Jollye Ltda Autuado e interditado (05/01) C5 31/07/2004	02116031	013316	029021 53610	Av.do Estado 2103	Jardim Utinga Vila Metalurgica	09270-120 09210-580	47.336.599/0001-00 02/12/1975 (30 anos)	TEXACO	31/07/2004
50	Auto Posto Lameiras Ltda C2 28/02/2003	05066009	022540	029021 53610	R.Guilherme Marconi 410	Vila .Assunção	09020-270	57.489.593/0001-19 03/08/1966 (39 anos)	BR	28/02/2003 fone: 44381914

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
51	Auto Posto Leque Ltda C8 31/01/2006	07064023	129721	029021 53610	R.Conde D'Eu 80	Vila Humaitá	09121-050	03.618.954/0001-50 28/01/2000 (05 anos)	ESSO	31/01/2006 fone: 44745400
52	Auto Posto Luglio Ltda C6 31/01/2005	13238081	077317	029021 53610	R.Javri 09	Vila Assunção (Vila Eldizia)	09181-510	64.876.592/0001-92 21/11/1990 (15 anos)	IPIRANGA	31/01/2005 fone: 44384372
53	Auto Posto Maria do Carmo Ltda C1 30/07/2002	09169020	009332	029021 53610	Av.D.Pedro I 2339	Vila Pires Jardim Ipanema Vila América	09130-410	57.617.797/0001-98 12/03/1971 (34 anos)	BRANCA	30/07/2002 fone: 44535241
54	Auto Posto Marina Ltda C4 31/01/2004	01075032 REFORMA COMPLETA	044598	029021 53610	R.Marina 1175	Jardim Campestre	09080-140 09070-510	49.793.581/0001-55 28/04/1982 (23 anos)	SHELL Fone: 44734331	Licença prévia e de instalação emitida desde 27/10/2003
55 ANP 3 vezes	Auto Posto Melinha Ltda Autuado(01/02, 03/03) Autuado e interditado(01/03) C3 31/07/2003	05095001	023852	029021 53610	Av.Queiros dos Santos 1670	Casa Branca	09015-311	47.339.858/0001-49 13/02/1976 (29 anos)	BRANCA (por telefone)	Fone: 49942244
56 ANP 2 vezes	Auto Posto Miyoshi Ltda Autuado e interditado (10/02, 04/04) C4 31/01/2004	1910403 REFORMA COMPLETA	016007	029021 53610	Av.Pereira Barreto 2036	Jardim Paraíso	09190-210	44.187.862/0001-40 17/03/1972 (33 anos)	BRANCA (por telefone)	Fone: 44263998
57	Auto Posto Monic Ltda C4 31/01/2004	02100045 REFORMA COMPLETA	003722	029021 53610	Av.dos Estados 2371	Santa Terezinha Utinga	09210-580	53.555.918/0001-63 15/06/1984 (21 anos)	BR (ANP)	49761421
58	Auto Posto Narpe (Marpe/ANP) (CETESB)/ Auto Posto Caruaru (Prefeitura/Telefônica/Re ceita Federal) C1 30/07/2002	08019065	004129	029021 53610	Av.Martim Francisco 1287	Vila Lucinda	09230-700	47.828.884/0001-30 27/03/1974 (31 anos)	IPIRANGA	30/07/2002 fone: 44796301

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
59	Auto Posto Nossa Senhora Salete Ltda C5 31/07/2004	13085041	076655	029021 53610	R.das Hortências 346	Vila Helena	09175-500	64.570.971/0001-50 18/09/1990 (15 anos)	SHELL	31/07/2004 fone: 44522586
60	Auto Posto Nova Gilda Ltda C6 31/01/2005	15071042	002203	029021 53610	Av. Gilda 350	Vila Gilda	09190-510	00.900.414/0001-77 01/11/1995 (10 anos)	IPIRANGA	31/01/2005 fone: 44253884
61	Auto Posto Noventa Ltda C10 31/01/2007	09225001	132678	029021 53610	Av.Andrade Neves 159	Vila Alzira	09175-360	02.001.242/0001-25 26/03/1997 (08 anos)	BRANCA	31/01/2007 fone: 44555647
62	Auto Posto Novo Horizonte Ltda C1 30/07/2002	17147001	012815	029021 53610	Av.Novo Horizonte 480	Vila Sacadura Cabral	09060-820	44.192.979/0001-12 12/09/1972 (33 anos)	BR	30/07/2002 fone: 44211044
63 ANP 1 vez	Auto Posto Novo Humaita Ltda Autuado (12/01) C8 31/01/2006	09036049	029845	029021 53610	R. Nicolau Copérnico 15 (Quatorze Bis)	Vila América	09110-290	57.558.264/0001-82 10/07/1969 (36 anos)	ESSO	31/01/2006 fone: 44585640
64 ANP 3 vezes	Auto Posto Oratório Ltda Autuado (02/01, 10/01) Autuado e interditado (02/01) C1 30/07/2002	04009032	003370	029021 53610	R.Oratório 850	Parque das Nações	09280-550	44.183.978/0001-01 21/10/1971 (34 anos)	BRANCA	30/07/2002 fone: 44722434 44791133
65	Auto Posto Padocka Ltda C5 31/07/2004	02029054	003288	029021 53610	Av.Utinga 635	Vila Metalúrgica	09220-610	50.181.551/0001-77 04/05/1978 (27 anos)	SHELL	31/07/2004 fone: 49761282
66	Auto Posto Palago Santo André Ltda/Auto Posto LL Ltda C3-4 31/07/2004	15057040 REFORMA COMPLETA	077120	029021 53610	Av.Portugal 1186	Jardim Bela Vista (RECEITA INAPTA)	09040-010	59.188.763/0001-50 28/06/1988 (17 anos)	BRANCA (por telefone)	44275270

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFI- CAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
67	Auto Posto Pampo I Ltda <i>ANP</i> <i>2 vezes</i> Autuado (01/02, 09/03)	01019025	012049	029021 53610	R.dos Coqueiros 1379	Jardim Utinga	09080-010	44.189.561/0001-56 02/06/1972 (33 anos)	BRANCA (por telefone)	Fone: 49917223
68	Auto Posto Parque Oratório Ltda <i>ANP</i> <i>3 vezes</i> Autuado (04/02, 02/03, 10/04) C10 31/01/2007	10142062	001630	029021 536101	R.Oratório 2442	Parque (Novo) Oratório	09251-000	44.046.282/0001-33 24/09/1974 (31 anos)	BRANCA	31/01/2007 fone: 49756393
69	Auto Posto Patinhas de Utinga Ltda <i>ANP</i> <i>3 vezes</i> Autuado (09/00, 03/03), Autuado e Interditado(10/04)	02004001	003937	029021 53610	Av.Utinga 194	Jardim Utinga	09220-610	57.592.917/0001-40 05/08/1969 (36 anos)	BR (ANP)	
70	Auto Posto Pegaso Ltda <i>C3</i> 31/07/2004	09002017 REFORMA COMPLETA	032251	029021 53610	R.Tancredo do Amaral 105	Vila Alzira	09015-430	44.053.262/0001-90 01/04/1975 (30 anos)	BR	01/09/2003
71	Auto Posto Perimetral Ltda	05121020	023617	029021 53610	R.Aiala 99	Casa Branca	09015-670	44.195.550/0001-89 03/08/1973 (32anos)	TEXACO	
72 ANP	Auto Posto Praia do Guaiuba Ltda				R. Jorge Beretta 960	Parque Erasmo Assunção	09271-400	05.630.007/0001-00 07/05/2003 (02 anos)	BRANCA	
73	Auto Posto Primeiro Ltda <i>C2</i> 28/02/2003	REFORMA COMPLETA			Av. Capuava 199	Vila Homero Thom	09111-000	44.226.561/0001-89 03/04/1974 (31 anos)	SHELL	28/02/2003
74	Auto Posto Pinochio Ltda <i>C1</i> 30/07/2002	09098035	014318	029021 53610	Av.D.Pedro I 1131	Vila Pires	09130-410	44.225.142/0001-22 20/02/1974 (31 anos)	BR Fone: 49725117 49719010	30/07/2002
75n	Auto Posto Príncipe de Gales Ltda <i>C9</i> 31/07/2006	17042017	115643	029021 53610	Av. Príncipes de Gales 121	Príncipes de Gales	09060-650	01.522.428/0001-67 30/10/1996 (09 anos)	BR	31/07/2006

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
76	Auto Posto Prosperidade Ltda C4 31/01/2004	112113011 CONDIÇÕES MÍNIMAS	0824 70	029021 53610	Av.São Bernardo do Campo 1188	Jardim Santa Cristina	09171-100	59.322.255/0001-13 01/09/1969 (36 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 49730233
77	Auto Posto Regiane Ltda C4 31/01/2004	08178032 REFORMA COMPLETA	001547	029021 53610	R.Japão 763	Vila Camilópolis	09240-170	44.225.134/0001-86 20/02/1974 (31 anos)	BR	31/01/2004 fone: 49962362
78	Auto Posto Sagrado Coração	10320009 C7 31/07/2005	075701	029021 53610	Av.Sapopemba 1557	Vila Camilópolis	09250-301	60.789.583/0001-03 12/01/1983 (22 anos)	SHELL	31/07/2005 fone: 44611581
79	Auto Posto Santo Anastácio Ltda C2 28/02/2003	19286079 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL	002167	029021 53610	Av.Pereira Barreto 1265	Paraíso Vila Apiaí Vila Gilda	09190-610	57.541.070/0001-74 29/09/1966 (39 anos)	ESSO	28/02/2003 fone: 44262190
80	Auto Posto Santos Monteiro Ltda C10 31/01/2007	17033004	026134	029021 53610	Av. Gago Coutinho 644	Sacadura Cabral	09070-000	44.222.453/0001-38 19/12/1973 (32 anos)	TEXACO	31/01/2007 fone: 44734522
81	Auto Posto Seabra Ltda C4 31/01/2004	13002026 INTERMEDIÁ-RIO	022712	029021 53610	R.Coronel Seabra 100	Vila. Marina Ipiranguinha Alzira	09176-000	57.501.462/0001-00 29/09/1966 (39 anos)	BR	31/01/2004 44273766
82	Auto Posto Shopping ABC Ltda C6 31/01/2005	15104004	031258	029021 53610	R.Coronel Fernando Prestes 883	Centro	09080-110 09020-110	58.957.689/0001-27 09/06/1988 (17 anos)	BRANCA	31/01/2005 fone: 44276183
83 ANP 1 vez	Auto Posto Simpatia Ltda (CETESB/Telefônica) Auto Posto Capuava (consta os dois na Prefeitura) Autuado (02/03) C10 31/01/2007	16186019	108306	029021 53610	Av.Presidente Costa e Silva 341	Parque Capuava	09270-000	44.200.723/0001-00 22/06/1973 (32 anos)	SHELL	30/07/2002 fone: 44791875

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
84	Auto Posto Skylab Ltda C2 28/02/2003	01040015 REFORMA COMPLETA	028819	029021 53610	Av.D.Pedro II 2799	Campestre	09080-000 09080-111	44.225.555/0001-07 05/03/1974 (31 anos)	TEXACO (ANP)	28/02/2003 44732176
85 ANP	Auto Posto Só Amigos Ltda				R.Pedro Calmon 1186	Centro	09040-140	05.291.536/0001-27 09/09/2002	BRANCA	
86	Auto Posto Sol Ltda C9 31/07/2006	03066004	012008	029021 53610	Av.D.Pedro II 359	Jardim	09080-000 09080-110	57.578.429/0001-88 14/08/1968 (37 anos)	SHELL	31/07/2006 fone: 44365992
87	Auto Posto Sprint Ltda C2 28/02/2003	15165011 SUBSTITUIÇÃO PARCIAL	002343	029021 53610	Pç.Assis Valente 72	Centro	09190-000	44.052.637/0001-05 10/03/1985 (20 anos)	BRANCA	28/02/2003
88	Auto Posto Tayoca C6 31/01/2005			029021 53610	R.Saldanha da Gama 57	Vila Linda	09180-260 09180-330	65.675.761/0001-99 03/04/1991 (14 anos)	SHELL	31/01/2005 fone: 44519657
89 ANP 1 vez	Auto Posto Trevo da Paz Ltda Autuado (08/00) C9 31/07/2006	01206006	090784	029021 53610	Av. da Paz 543	Jd. Utinga	09220-310	71.815.237/0001-79 07/07/1993 (12 anos)	AGIP	31/07/2006 fone: 44612961
90	Auto Posto Vila Luzita Ltda C1 30/07/2002	09099001	023137	029021 53610	Av.D.Pedro I 1130	Vila Pires	09130-400	47.172.317/0001-79 02/10/1975 (30 anos)	BRANCA Fone: 49725725 49714922	30/07/2002 Licença previa e de instalação em analise desde 05/2003
91	Auto Posto Vila Metalúrgica Ltda C6 31/01/2005	02121032	082146	029021 53610	R.Teixeira de Freitas 20	Vila. Metalúrgica	09220-720	64.821.937/0001-00 09/11/1990 (15 anos)	ESSO	31/01/2005 fone: 44635400
92	Beraldo Auto Posto Ltda C6 31/01/2005	01130060	002579	029021 53610	Al.São Caetano 700	Campestre	09070-210	47.173.208/0001-76 16/10/1975 (20 anos)	SHELL	31/01/2005 fone: 49911533

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
93 ANP 2 vezes	Big Posto Ltda (Prefeitura) Bromélia Auto Posto Santo André Ltda(ANP/Telefônica/ Receita) Autuado e interditado (09/03,03/04) Big Petro Posto de Serviços Ltda(CETESB)	05093014 C3 31/07/2003	023843 REFORMA COMPLETA	029021 53610	Av.Queiros dos Santos 1530	Casa Branca Centro	09015-311	05.335.167/0001-27 19/09/2002 (03 anos)	BRANCA (ANP)	Fone: 44373137
94 ANP 4 vezes	Bolinha Spray Auto Posto Ltda Autuado e interditado (11/01, 10/03, 03/04, 04/04)	04058056 C1 30/07/2002	003428	029021 53610	Al.Dr.Vieira de Carvalho 90	Santa Terezinha	09210-630	57.601.676/0001-58 12/01/1970 (25 anos)	IPIRANGA	30/07/2002 fone: 49963134 49764111
94 ANP 4 vezes	Bolinha Spray Auto Posto Ltda Autuado e interditado (11/01, 10/03, 03/04, 04/04)	04058056 C1 30/07/2002	003428	029021 53610	Al.Dr.Vieira de Carvalho 90	Santa Terezinha	09210-630	57.601.676/0001-58 12/01/1970 (25 anos)	IPIRANGA	30/07/2002 fone: 49963134 49764111
95	Carlos Janeiro Auto Posto Ltda	02090043 C6 31/01/2005	003809	029021 53610	Av.da Paz 1087	Jardim Utinga	09220-310	57.508.319/0001-40 31/08/1966 (39 anos)	TEXACO	31/01/2005 Fone: 49970132
96	Carrefour Com.e Ind.Ltda	05111076 C6 31/01/2005	124780	029021 53610	Av.Pedro Américo 23	Humaita	09110-560	45.543.915/0029-82 04/06/1990 (15 anos)	SHELL Fone: 49798800	
97 ANP	Carrefour Com.e Ind.Ltda				R.Oratório 85	Parque das Nações	09280-550	45.543.915/0221-50 15/02/2002 (03 anos)	IPIRANGA	

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
98	Catequese Auto Posto Ltda	03043093 C8 31/01/2006	118124	029021 53610	Av.Catequese 1263	Vila.Bastos Vila Guiomar	09041-000	01.384.454/0001-76 26/09/1980 (25 anos)	BR	31/1/2006
99	Catucha Auto Posto Ltda	01136011 C10 31/01/2007	007096	029021 53610	Al.Campestre 367	Campestre	09070-200	44.677.839/0001-34 26/09/1990 (15 anos)	ESSO Fone: 49913168	31/1/2007
100 ANP 1 vez	Centro Automotivo Acapulco Ltda Autuado (01/02)	15159030 C10 31/01/2007	092297	029021 53610	Av.Pereira Barreto 444	Centro	09190-210	96.173.646/0001-40 28/01/1993 (12 anos) CANCELADA sit.cadastral Receita	BRANCA	31/01/2007
101	Centro Automotivo Aloha Ltda (CETESB/Prefeitura)/ Auto Posto Jaçatuba (ANP)	06158039 LICENÇA DE OPERAÇÃO 24/04/2003	126849	029021 53610	Av.dos Estados 6145	Parque Jaçatuba	09290-520	03.008.376/0001-30 17/02/1999 (06 anos) 44.045.847/0001-68 20/09/1974 (31 anos)	TEXACO Fone: 44799064	Licença de operação emitida desde 24/4/2003
102	Centro Automotivo Duas Princesas Ltda	25067010 C7 31/07/2005	094216	029021 53610	Av.Giovani Batista Pirelli 1919	Jardim Silveira	09111-340	71.797.823/0001-38 02/07/1993 (12 anos)	MERCOIL	31/07/2005 fone: 44746871
103 ANP	Centro Automotivo General Ltda				Av.Prestes Maia 880	Campestre	09071-000	05.437.507/0001-40 02/12/2002 (03 anos)	BRANCA	
104	Centro Automotivo Miami Ltda	C3 31/07/2003	REFORMA COMPLETA		R.Jorge Beretta 932	Parque.das Nações	09270-400	00.480.173/0001-54 CNPJ CANCELADO	IPIRANGA	
105 ANP	Centro Automotivo Noruega Ltda				Av.Oratório 1100	Parque.das Nações	09280-550	01.419.618/0001-53 08/08/1995 (10 anos)	IPIRANGA	

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
106	Centro Automotivo Real Challenger Ltda (Receita/ANP)	05146019 C2 28/02/2003	121136 CONDIÇÕES MINIMAS	029021	Av.dos Estados 7100	Jardim Utinga Vila Cruzeiro	09220-611	03.449.505/0001-26 04/11/1998 (07 anos)	BRANCA	01/09/2003 fone: 44761832 44763058
107	Centro Automotivo Chalinger Ltda Cybamar Auto Posto Ltda (ANP/Receita) Auto Posto Rodi Ltda (Prefeitura)	C3 31/07/2003 05122012	REFORMA COMPLETA 053689	029021 53610	R. 24 de Fevereiro 779	Casa Branca	09015-390 09015-610	05.570.419/0001-00 20/03/2003 (02 anos)	AGIP	
108 ANP	Companhia Brasileira de Distribuição/Posto Pão de Açúcar				R.Visconde de Taunay 216	Centro	09210-570	47.508.411/0054-68 19/11/1981 (24 anos)	BRANCA	
109	Duarte de Almeida dos Santos	04048019 C6 31/01/2005	110606	029021 53610	Av.dos Estados 1586	Santa Terezinha Utinga	09210-580	01.543.127/0001-10 20/11/1996 (09 anos)	ESSO	31/01/2005 fon: 49973623
110	Eleghance Posto de Serviço Ltda	03037001 C8 31/01/2006	111303	029021 53610	R.Dr.Messuti 167	Vila Bastos	09041-160	01.845.290/0001-37 22/05/1997 (08 anos)	BRANCA	31/01/2006 fone: 44371997
111	Estação de Serviços Gravatinha Ltda	15052088 C10 31/01/2007	134168	029021 53610	Av.Portugal 1756	Jardim Bela Vista	09041-320	03.994.789/0001-31 10/08/2000 (05 anos)	IPIRANGA	31/01/2007 fone: 44371177 44277377
112	Gold Service Auto Posto Ltda	17254005	113894	029021 53610	Av.Prestes Maia 1400	Campestre	09071-000	01.287.110/0001-49 27/06/1996 (09 anos)	SHELL (ANP)	Fone: 44218375
113 ANP 2 vezes	Interlagos Lubrificantes Ltda Autuado (12/01) Autuado e interditado (03/04)	01009004 C3 31/07/2003	012955 REFORMA COMPLETA	029021 53610	R. dos Coqueiros 1638	Campestre	09080-010	44.054.054/0001-05 15/04/1975 (30 anos)	BR (ANP)	Fone: 44733085

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
114	Kelly Auto Posto Ltda	09048001 C5 31/07/2004	051688	029021 53610	Av.D.Pedro I 181	Vila Silveira	09110-001	53.881.678/0001-97 15/10/1984 (21 anos)	TEXACO	31/07/2004 fone: 49722230
115	Lava Rápido JM Ltda	09043028 C2 28/02/2003	002356 SUBSTITUI- ÇÃO PARCIAL	029021 53610	Av.Queiroz Filho 190	Vila América	09110-260	44.191.674/0001-96 08/09/1972 (33 anos)	BR	28/02/2003 fone: 44746528
116	Levi Auto Posto Ltda	09120047 C3 31/07/2003	075128 CONDIÇÕES MINIMAS	029021 53610	Av.Cap.Mario Toledo de Camargo 1320	Vila Pires	09175-150 09170-150	62.745.625/0001-30 25/04/1990 (15 anos)	ASTER	01/09/2003
117	Livia Auto Posto Ltda	03043093 C9 31/07/2006	109157	029021 53610	Av.José Antonio de Almeida Amazonas 551	Vila Guiomar	09090-390	01.625.142/0001-07 22/01/1997 (08 anos)	BR	31/07/2006
118	Lubmax Super Troca de Óleo Combustível Ltda/Mirante de Santo André Auto Posto Ltda	17204012 C2 28/02/2003	032764 REFORMA COMPLETA	029021 53610	R. Gonçalves Fernandes 511	Jardim Bela Vista	09041-410	53.450.391/0001-02 28/04/1984 (21 anos)	IPIRANGA	28/02/2003
119	Lubrificar Auto Posto Ltda	15068005 C8 31/01/2006	000248	029021 53610	Av.Higienópolis 275	Vila Gilda	09190-360	48.864.185/0001-09 05/07/1977 (28 anos)	SHELL	31/01/2006 fone: 49907943
120	Maria Tereza Auto Posto Ltda	07198083 C10 31/01/2007	141035	029021 53610	Av. Cap.Mario Toledo de Camargo 2099	Jardim. Vila Rica	09170-150	04.392.048/0001-43 16/04/2001 (04 anos)	TEXACO	31/01/2007 FONE: 44510332 44519831
121	Maxigas Auto Posto Ltda	11350014 C7 31/07/2005	121808	029021 53610	Av.Cap.Mario Toledo de Camargo 4950	Vl. Luzita	09170-150	03.034.854/0001-87 26/11/1998 (07 anos)	BRANCA	31/07/2005 fone: 44525612
122	Millenium Posto de Serviço Ltda	C10 31/01/2007			Av.Bom Pastor 154	Jardim Bom Pastor	09051-301	02.888.695/0001-15 24/11/1998 (07 anos)	BRANCA	31/01/2007 fone: 44258007
123 ANP 1 vez	Morcegão Serviços Automotivos Ltda Autuado e interditado (03/04)	C10 31/01/2007			R.Oratório 3340	Parque Novo Oratório	09251-000	05.310.001/0001-56 06/09/2002 (03 anos)	BRANCA	31/01/2007 FONE: 44790450

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
124	Motutinga Auto Posto Ltda	02095016 C3 31/01/2003	035776 REFORMA COMPLETA	029021 53610	R.Berlim 268	Jardim Utinga	09220-370	57.490.716/0001-31 25/07/1966 (39 anos)	BRANCA (ANP)	44615233
125 ANP 3 vezes	MTK Auto Posto Ltda Autuado e interditado (10/03, 11/03, 03/04)	05121020 C3 31/01/2003	142204 REFORMA COMPLETA	029021 53610	Av.Firestone 950	Casa Branca Centro	09015-390	04.736.727/0001-92 25/01/2001 (04 anos)	BRANCA (ANP)	Fone: 49902745 31/07/2006
126	Néon Auto Posto Ltda	04112001 C9 31/07/2006	114607	029021 53610	R.Itália 633	Parque.das Nações	09210-140	01.796.472/0001-65 25/07/1966 (39 anos)	BR	31/07/2006
127	Oliveira Batista Auto Posto Ltda	01067014 C9 31/07/2006	004242	029021 53610	Av. D.Pedro II 2177	Campestre	09080-111	44.046.225/0001-54 01/10/1974 (31 anos)	SHELL	31/07/2006 fone: 49911744 44218086
128 ANP	Operadora de Postos de Serviços Ltda				Av.dos Estados 7225		09290-000	00.166.290/0050-26 30/03/2004 (01 ano)	REPSOL	
129 ANP 2 vezes	Pádova Auto Posto Ltda Autuado e interditado (12/02, 04/04)	16142020 C9 31/07/2006	077039	029021 53610	Av.das Nações 2051	Parque Novo Oratório Parque Capuava	09270-400	00.020.280/0001-08 26/11/1992 (13 anos)	TEXACO	31/07/2006 fone: 44761993
130	Petro Auto Posto Ltda	01114007 C10 31/01/2007	086150	029021 53610	Al.São Caetano 1080	Campestre	09070-210	69.148.658/0001-41 26/11/1992 (13 anos)	BRANCA	31/07/2007 fone:
131	Pianoro Auto Posto Ltda	19002038 C5 31/07/2004	023022	029021 53610	Pç.Alan Kardec 20	JardimBela Vista Vila Bastos	09040-000	44.201.630/0001-08 09/07/1973 (32 anos)	TEXACO	31/07/2004 fone: 44367583
132	Porto Príncipe Auto Posto de Serviço Ltda	27033048 C10 31/01/2007	083866	029021 53610	Estr.do Pedroso 1023	Vila Luzita Jardim Santo André	09132-180	67.525.634/0001-39 11/03/1992 (13 anos)	AGIP	31/01/2007 fone: 44531591
133	Posto Auri Verde Ltda	05140010 C3 31/07/2003	02319 REFORMA COMPLETA	029021 53610	Av.Artur de Queiros 251	Casa Branca	09015-510 09071-190	57.526.667/0001-40 19/09/1966 (39 anos)	BRANCA (por telefone)	Fone: 44360114
134	Posto de Serviço Equipe I Ltda	C3 31/07/2003	REFORMA COMPLETA		R. Jorge Beretta 344	Vila Curuçá	09290-000			

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
135 ANP 3 vezes	Posto Auto Spray Ltda Autuado e interditado (02/03) Autuado (03/03, 02/05)	05117010 C1 30/07/2002	033494	029021 53610	R.General Glicério 737	Centro	09015-191	57.606.261/0001-77 12/03/1970 (35 anos)	SHELL	30/07/2002 fone: 44372118
136	Posto de Serviço Luva Ltda	09122032 C1 30/07/2002	080945	029021 53610	Av.Cap. Mário Toledo de Camargo 1520	Vila Pires	09170-150 (190)	66.127.473/0001-62 20/06/1991 (14 anos)	BR	30/07/2002
137	Posto de Serviço 593 Ltda	04020054 C2 28/02/2003	009099 CONDIÇÕES MINÍMAS	029021 53610	R.Oratório 593	Bangu Pq.das Nações	09280-550	57.551.582/0001-11 19/04/1967 (38 anos)	ASTER	28/02/2003 fone: 49962789
138	Posto de Serviço Nevada Ltda	10333016 C4 31/01/2004	078802 CONDIÇÕES MINÍMAS	029021 53610	Av.Sapopemba 322	Jardim das Maravilhas	09250-300	38.765.053/0001-76 06/08/1990 (25 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 44796558
139	Posto de Serviços Requite Ltda	08209020 C4 31/01/2004	094021 REFORMA COMPLETA	029021 53610	Av.Martim Francisco 1525	Vila Camilópolis	09230-701 (700)	00.138.629/0001-00 01/08/1994 (11 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 44790489
140	Posto Triângulo Ltda	05011001 C6 31/01/2005	023999	029021 53610	Av.Artur de Queiros 5	Casa Branca Centro	09015-510 09071-190	57.526.139/0001-90 16/09/1966 (39 anos)	BRANCA	31/01/2005 fone: 44361968
141 ANP 1 vez	Posto de Serviço Marimario Ltda (Prefeitura) Auto Posto Brumilla Ltda (ANP/Telefônica, por telefone) Autuado e interditado (02/04)	09122032	142879	029021 536101	R.Caravelas 652 (Av.Cap.Mario de Toledo 1520)	Vila Pires	09195-520	04.732.366/0001-06 05/10/2001 (04 anos)	BRANCA (ANP)	Fone: 44571909 44579595
142	Posto de Serviço Motormac Santo André Ltda Auto Posto Estonia 2 (ANP)	06187122	077849	029021 53610	Av.do Estado 6943	Parque Jaçatuba	09000-000 09220-570	66.021.619/0001-90 19/06/1991 (14 anos)	SHELL	Licença de Operação emitida desde 31/7/2003

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
143 ANP 3 vez	Profeta Serviços Automotivos Ltda Autuado e interditado (01/01, 10/04)	15165010 C4 31/01/2004	045342 REFORMA COMPLETA	029021 53610	R.Coronel Fernando Prestes 846	Centro Sta. Tereza	09020-110	46.702.049/0001-97 17/08/1981 (24 anos)	BRANCA	31/01/2004 fone: 44277283 4990733
144	Quefreen Auto Posto Ltda Vena Auto Posto, Serviços e Com. Ltda	09125038 C10 31/01/2007 C5 31/07/2004	114760	029021 53610	Av.D.Pedro I 1629	Vila Pires	09130-410 09030-200	02.135.976/0001-05 11/08/1997 (08 anos) 53.569.422/0001-49 25/06/1984 (21 anos)	BR	31/01/2007 fone: 44551420
145	Rubia Auto Posto Ltda	17040001 C8 31/01/2006	084215	029021 53610	Av. Príncipe de Gales 336	Príncipe de Gales	09060-650	68.082.072/0001-69 25/06/1992 (13 anos)	TEXACO	31/01/2006 fone: 49922155
146 ANP 1 vez 147	Sereno Auto Posto Ltda Autuado (12/03) Shopping Center Auto Posto Ltda	17171044 C6 31/01/2005 16154022 C3 31/07/2003	080180 074946 REFORMA COMPLETA	029021 53610 029021 53610	Tr.Arcádia 9 Av.das Nações 2339	Vila Palmares Parque Capuava	09061-680 09060-000 09271-000	38.780.441/0001-26 28/05/1990 (25 anos) 57.075.582/0001-92 05/02/1987 (18 anos)	BR BRANCA	31/01/2005 fone: 34390270 01/09/2003 fone: 49751599
148 ANP 1 vez	Soptos Comercio Administração e Participações Ltda(CETESB/ ANP)/ Autuado (05/01) Receita cancelou CNPJ Nick Auto PostoServiços Ltda (ANP)	19301004 C5 31/07/2004	076720	029021 53610	Estr.João Ducim 836	Jardim Cambui Jardim Jamaica	09185-000	03.813.828/0014-71 15/12/2000 (05 anos) cancelada 05.013.510/0001-17 09/04/2002 (03 anos)	HUDSON MEGA UNION	31/07/2004 fone: 44259198 44268374

Nº	RAZÃO SOCIAL/NOME DO CONTRIBUINTE	CLASSIFICAÇÃO FISCAL	CMC ⁽¹⁾	CÓDIGO DE ATIVIDADE	LOGRADOURO	BAIRRO	CEP	CNPJ/ abertura do posto	BANDEIRA	CONVOCAÇÃO CETESB
149 ANP 1 vez	Super Posto Venâncio Neto Ltda Autuado e interditado (12/02) Auto Posto Dallas Ltda (outro item na ANP) Autuado e interditado (12/02)	16031024 C7 31/07/2005	111900	029021 53610	R.Oratório 3650	Parque Novo Oratório	09251-000	01.580.710/0001-09 03/12/1996 (09 anos)	BR	31/07/2005
150	Talismã Auto Posto Ltda	19040028 C5 31/07/2004	017055	029021 53610	Av.Higienópolis 360 (458)	Vila Gilda Vila Floresta	09190-360	50.189.372/0001-86 15/12/1977 (28 anos)	SHELL	31/07/2004 fone: 44263024
151	Tavarede Auto Posto Ltda Auto Posto Nova Jersey Ltda (Telefônica)	16026040 C9 31/07/2006	141033	029021 53610	R.do Oratório 4496	Parque Novo Oratório	09260-510	04.392.355/0001-24 16/04/2001 (04anos)	TEXACO	31/07/2006 fone: 44720120 44721265
152	Três D Auto Posto Ltda Auto Posto Mercúrio(por telefone) Comercial Mercury Ltda(ANP)	19104030 C3 31/07/2003	093464	029021 53610	Av.Pereira Barreto 2170	Vila Scarpelli Vila Dora Jardim Paraíso	09190-210	66.875.683/0001-39 11/09/1991 (14 anos) Receita Federal INAPTA 04.204.480/0001-63(ANP) 14/12/2000 (05 anos)	BRANCA (ANP)	Fone; 44262508
153	Zapp Auto Posto	10339006 C9 31/07/2006	100411	029021 53610	R.do Oratório 3225	Vila Oratório	09251-000 09280-000	00.004.110/0001-21 16/05/1994 (11 anos) 54.859.392/0001-78 09/09/1985 (20 anos) Receita Federal: SUSPENS 05.915.664/0001-02 17/09/2003 (02 anos) ANP	AGIP	31/07/2006
154 ANP 1 vez	Waldomir de Almeida Auto Posto Utinga Ltda (ANP/Telefônica) Autuado (12/03)	02037001 C3 31/07/2003	003315 REFORMA COMPLETA	029021 53610	Av.Utinga 865	Vila Metalúrgica Utinga	09220-611	54.859.392/0001-78 09/09/1985 (20 anos) Receita Federal: SUSPENS 05.915.664/0001-02 17/09/2003 (02 anos) ANP	BRANCA (ANP)	Fone: 49765936

**Anexo II - POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ/ DAEE
2005(POÇOS COM MAIS INFORMAÇÕES), SEMASA 2002, VIGILÂNCIA
SANITÁRIA/(VS) 2005 (última atualização julho 2005)**

FONTES DO BANCO DE DADOS foi obtido através do cadastro: do SEMASA (87 poços tubulares), da Vigilância Sanitária do município de Santo André (78 poços tubulares) e do Departamento de Água e Energia Elétrica do estado de São Paulo (115 poços artesianos).

São 175 poços artesianos (115 propriedades) no município de Santo André.

No mapa do município da região urbana aparecem 156 poços tubulares, no mapa. Fora da região urbana encontram-se 19 poços artesianos.

Na cor azul os poços atualizados através do cadastro da Vigilância Sanitária.

Na cor vermelha identificam USO NÃO POTÁVEL e poço fora da área urbana.

**POÇOS ARTESIANOS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ/ DAEE 2005(POÇOS COM MAIS INFORMAÇÕES), SEMASA
2002, VIGILANCIA SANITARIA/(VS) 2005 (última atualização julho 2005)**

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
01-1	19171003/139947(com.)	Abatedouro e Avícola Floresta	R.Andaraí 1055	Vila Floresta 09050-000				
02-2	27071003/142241(com.)	Abatedouro Pedroso	Av.Loreto 529	Jardim Santo André 09132-410				
03-3	FORA DA ÁREA URBANA (rural) (com.)	Adelino Edmundo Bartolomeu	Estrada Leste,Parte Lote 21 Gleba D	Parque das Garças 09112-060	21/2/2002	21/2/2002	1,20	Freático
04-4	(com.)	Aginaldo Chicaroni (Igual aos Itens 27 e 28 – 3 Poços)	R. Márcia Mendes 41	Parque Marajoara	28/8/2001	28/8/2001	0,00	Cristalino
05-5	1217001/128295(VS) (ind.)	Alcan Alumínio do Brasil Ltda (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	R. Felipe Camarão 414	Utinga 09220-580	22/4/1993	18/5/2001	10,20	Cristalino
06	1217001/152620 (VS)(ind.)	Alcan Alumínio do Brasil Ltda (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	R. Felipe Camarão 414	Utinga 09220-580	22/4/1993	18/5/2001	4,20	Cristalino
07-6	(VS)(com.)	Amico - Assistência Médica a Ind. E Com. Ltda (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	Av. Dom Pedro II 655	Jardim 09080-110	30/11/2000	16/1/2003	0,00	Cristalino
08-7	(com.)	Ardosia's Pedras e Revestimentos Ltda – Me (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	Av. Gago Coutinho 753	Vila Sacadura Cabral/Vila Aquilino 09070-000	19/4/2001	19/4/2001	0,00	Cristalino
09-8	(com.)	Assahi Gráfica e Editora Ltda	Estrada da Cata Preta 1000	Vila João Ramalho 09170-000	22/4/2004	22/4/2004	3,30	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
10-9	9111001/150065 (VS)(clube)	Associação dos Engenheiros e Arquitetos do ABC	R.Albertina 53	Vila Pires 09195-610				
11-10	17118007/153267(VS) (clube)	Associação dos Servidores Municipal Santo André	R.Igarapava 269	Vila Valparaíso 09060-170				
12-11	(com.)	Auto Posto Bilionário Ltda (não possui poço)	Av. Prestes Maia 3430	Sacadura Vila Alpina 09071-000	21/5/2003	21/5/2003	0,00	Cristalino
13-12	7153050/202005(VS) (com.)	Auto Posto Guizzo (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	Av.Pedro Américo 1237	Vila Homero Thon 09110-560				
14-13	2126012/153178(VS) (ind.)	Balas Juquinha Indústria e Comercio Ltda (poço não é utilizado p/ consumo humano-VS)	Av. Dos Estados 1211	Utinga	10/12/1997	21/10/2002	2,57	Cristalino
15-14	(com.)	Bona Alimentos Ltda	R. Erminia Lopes Lobo 44	Vila Palmares 09061-520	30/5/2003	30/5/2003	2,00	Cristalino
16-15	FORA DA ÁREA URBANA (ind.)	Brasivil Resinas Vinilicas Sa	Rod.Rib. Pires a Campo Grande N.45	Vila Elclor	15/10/1986	9/2/1998	62,00	
17-16	5111062/128306(VS) (ind.)	Bridgestone/Firestone do Brasil Ind. e Com. Ltda (poço não é utilizado p consumo humano-VS)	Av. Queiros Dos Santos 1717	Casa Branca 09015-311	10/3/1993	3/3/2005	26,00	Cristalino
18	5111062/129822(ind.)	Bridgestone/Firestone do Brasil Ind. e Com. Ltda (poço não é utilizado p consumo humano-VS)	Av. Queiros Dos Santos 1717	Casa Branca 09015-311	10/3/1993	3/3/2005	20,00	Cristalino
19	5111062/128634(ind.)	Bridgestone/Firestone do Brasil Ind. e Com. Ltda (poço não é utilizado p consumo humano-VS)	Av. Queiros Dos Santos 1717	Casa Branca 09015-311	10/3/1993	3/3/2005	19,00	Cristalino
20	5111062/152623(ind.)	Bridgestone/Firestone do Brasil Ind. e Com. Ltda (poço não é utilizado p consumo humano-VS)	Av. Queiros Dos Santos 1717	Casa Branca 09015-311	10/3/1993	3/3/2005	5,00	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
21	5111062/153727(ind.)	Bridgestone/Firestone do Brasil Ind. e Com. Ltda (poço não é utilizado p consumo humano-VS)	Av. Queiros Dos Santos 1717	Casa Branca 09015-311	10/3/1993	3/3/2005	35,00	Cristalino
22	(VS) (com.)	Buffet Padoveze (poço foi desativado)	R.Dr.Messutti 41	Vila Bastos 09041-160				
23-17	(VS) (com.)	Carrefour Comércio e Indústria Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av. Pedro Américo 23	Vila Humaita 09110-560	11/1/2005	11/1/2005	13,70	Cristalino
24-18	5111096/139697 (com.)	Carrefour Indústria e Comércio Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av. Antonio Cardoso 527	Parque das Nações Parque Central 09280-570	4/12/2002	15/8/2003	2,30	Cristalino
25-19	10320012/142850 (VS)(com.)	Casas Bahia Comercial Ltda	Av. João Pessoa 500	Jardim Utinga 09230-650				
26	(IGUAL AO ITEM 04)(com.)	Chicaroni Água Potável Ltda	R. Márcia Mendes 41	Parque Marajoara 09112-060	22/5/2001	1/8/2002	20,00	Cristalino
27	(IGUAL AO ITEM 04)(com.)	Chicaroni Agua Potavel Ltda	R. Márcia Mendes 41	Parque Marajoara 09112-060	22/5/2001	1/8/2002	29,00	Cristalino
28-20	9027098/224866(com.)	Churrascaria Rosas	R.Natal 285	Vila Leopoldina 09195-310				
29-21	(res.)	Claudio Girkus	Av. do Estado 2002	Vila Metalúrgica	21/7/2004	21/7/2004	1,00	Terciário Formação São Paulo
30-22	9204026/147628(VS) (clube)	Clube Atlético Aramaçan	R.São Pedro 345	Vila Pires Vila América 09121-390				
31	9204026/147627 (clube)	Clube Atlético Aramaçan	R.São Pedro 345	Vila Pires Vila América 09121-390				
32-23	(VS) (clube)	Clube Atlético Pirelli	Av.Pedro Américo 850	Vila Homero Thon 09110-560				

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL			ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m ³ h ⁻¹	AQUÍFERO
33-24	(VS)(com.)	Companhia Brasileira de Distribuição			Rua Visconde de Taunay 216	Centro 09210-570	19/8/1999	21/9/1999	3,00	Cristalino
34	(VS)(com.)	Companhia Brasileira de Distribuição			Praça Ademar de Barros 9	Centro	14/7/1999	14/7/1999	0,00	Terciário Formação São Paulo
35-25	5146022/224599(com.)	Companhia Cervejaria Brahma			Av.dos Estados 6700					
36-26	(VS)(com.)	Condomínio ABC Plaza Shopping/Fundo de Investimento Imob.ABC Plaza Shopping (Igual ao Item 62)			Av. Industrial 600	Jardim 09080-500	13/2/2001	29/11/2004	0,00	Cristalino
37	(com.)	Condomínio ABC Plaza Shopping/Fundo de Investimento Imob.ABC Plaza Shopping			Av. Industrial 600	Jardim 09080-500	13/2/2001	29/11/2004	0,00	Cristalino
38	(com.)	Fundo de Investimento Imob.ABC Plaza Shopping			Av. Industrial 600	Jardim 09080-500	12/5/1997	12/5/1997	0,00	Terciário Formação São Paulo
39-27	(res.)	Condomínio Conj. Res. Jd. Celeste VIII			R. Augusto Blasi 80 - Quadra 14	Jardim Celeste	8/7/1996	13/1/1997	4,10	Cristalino
40-28	(VS)(res.)	Condomínio Edifício Barragan			R. Dr. Erasmo 400	Vila Assunção 09030-010	27/11/2001	18/5/2004	0,00	Cristalino
41-29	(VS)(res.)	Condomínio Edifício Classic Gables			R. das Paineiras 337	Jardim 09070-220	5/9/2001	5/9/2001	0,00	Cristalino
42-30	(res.)	Condomínio Royal Park			R. Adolfo Bastos 1124	Vila Bastos 09041-000	19/3/2004	17/11/2004	2,05	Cristalino
43-31	25067018/202468(com.)	Contemporani Empr. Hoteleiros Ltda-Motel			R.Giovanni Battista Pirelli 1729	Vila Homero Thon 09111-340				
44-32	9007001/136806(VS)(com.)	Cooperativa dos Empregados da Volks			R.Coronel Seabra 321	Vila Marina 09176-000				
45-33	13019001/151054(VS)(clube)	Corinthians Futebol Clube Santo André			R.Sete De Setembro 288					

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
46-34	15093018/206866(com.)	Conshop Moto Vespa	Praça Eng.Roldão dos Santos Ferreira 167					
47-35	(VS)(com.)	De Nadai Restaurante Industrial Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Rua Natal 525	Vila Pires Vila Leopoldina 09195-310	21/1/1998	21/1/1998	0,00	Cristalino
48-36	(VS)(ind.)	Eaton Corporation do Brasil	Av.Capuava 603	Vila Homero Thon 09111-000				
49-37	6035069/221705(res.)	Edifício Green Garden	R.Aimberê 353	Vila Curuçá 09291-210				
50-38	(VS)(res.)	Elo Goldfarb Const.Ltda	Av.dos Estados 8000	Parque João Ramalho				
51-39	25001004/128305(VS)(ind.)	Eluma S.A. Indústria e Comércio (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Rua Alexandre de Gusmão 865	Capuava Vila Homero Thon 09111-310	5/6/1998	5/6/1998	24,76	Cristalino
52-40	25001004/128304(ind.)	Eluma S.A. Indústria e Comércio (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Rua Alexandre de Gusmão 865	Capuava Vila Homero Thon 09111-310	5/6/1998	5/6/1998	17,62	Cristalino
53	1217002/128296(VS)(ind.)	Eluma S/A Indústria e Comércio (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Rua Comendador Júlio Pignatari 109	Utinga 09220-460	20/10/1998	27/11/1998	0,00	Cristalino
54	(ind.)	Eluma S/A Indústria e Comércio (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Rua Comendador Júlio Pignatari 109	Utinga 09220-460	20/10/1998	27/11/1998	10,00	Cristalino
55-41	(com.)	Enigma Motel Ltda	Av. dos Estados 8441	Parque Jacatuba	28/7/2004	28/7/2004	5,00	Cristalino
56-42	9084076/202888 (ônibus)	Expresso Guarará Ltda	R.Cruzeiro do Sul 260	Vila Leopoldina 09195-220				
57-43	21221020/142569(VS)(ônibus)	Expresso Nova Santo André	Av.Brasília 500	Vila Bela Vista 09180-260				
58-44	9096073/150064(VS)(com.)	Faculdade Educação Física de Santo André – FEFISA (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Travessa Cisplatina 20	Vila Pires 09121-435				

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL		ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h ⁻¹	AQUÍFERO	
59-45	AREA RURAL(res.)	Federação Umbandista do Grande Abc		Estrada do Montanhão 700	Parque Pedroso Montanhão 09135-001	do	10/1/2001	10/1/2001	0,10	Freático
60-46	AREA RURAL(res.)	Francisco Jose Marcal Fidalgo		Rod. Indio Tibirica Km 37,50	Parque Andreense		20/1/2004	20/9/2004	2,20	Cristalino
61-47	5146036/203220 (ind.)	Fundição Antonio Prats Masó Ltda		R.Vereador Jose Nanci 231						
62-48	9156039/149260(VS) (ind.)	Galvanoplastia Cisplatina Ltda		R.Cisplatina 939	Vila Pires 09121-430					
63-49	(ind.)	Geo-Grafica e Editora Ltda		Av. Presidente Costa e Silva 2151	Jardim Ana Maria Parque Capuava 09270-000		20/5/2003	20/5/2003	2,00	Cristalino
64-50	5146005/129244(VS) (ind.)	Holcim Brasil Ltda		R.Vereador Jose Nanci 581						
65	5146005/144352(ind.)	Holcim Brasil Ltda		R.Vereador Jose Nanci 581						
66-51	(ind.)	Holdercim Brasil S.A.		Av. Firestone 581	Industrial		23/10/2001	23/10/2001	5,00	Cristalino
67-52	8207031/128307(VS) (hospital)	Hospital e Maternidade Bartira S/A		Av.Alfredo Maluf 430	Vila Alto de Santo André 09240-410					
68-53	15100052/138748 (VS)(hospital)	Hospital e Maternidade Brasil S.A.		R. Coronel Fernando Prestes 1177 R.Votuporanga 47	Centro 09020-110/ Vila Dora 09030-590		14/11/1997	6/11/2002	9,00	Cristalino
69-54	15116036/138750 (VS)(hospital)	Hospital E Maternidade Dr. Christovão da Gama S/A		Av. Dr. Erasmo 18 Av.Dr.Alberto Benedetti 534	Vila Assunção 09030-010		14/10/1997	28/4/2004	0,00	Cristalino
70	(hospital)	Hospital e Maternidade Dr. Christovão da Gama S/A		Av. Dr. Erasmo 18	Via Assunção 09030-010		14/10/1997	28/4/2004	3,00	Cristalino
71-55	4107065/128745(VS) (hospital)	Hospital das Nações Ltda		Av.Brasil 201	Parque das Nações 09210-280					

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
72-56	2126006/128313(VS)(ind.)	ICI Packaging Coatings Ltda	Av. dos Estados 4826	Utinga	22/4/2002	22/4/2002	10,00	Pré-cambriano Terciário São Paulo Cristalino
73	2126006/203226(ind.)	ICI Packaging Coatings Ltda	Av. dos Estados 4826	Utinga	22/4/2002	22/4/2002	5,00	
74-57	9059020/151131(VS)(ind.)	Ind.Textil Randi Ltda	R.Vinte e Quatro de Maio 237					
75-58	17010009/225029(com.)	Instituto de Ensino Red Gaspar S/C Ltda/ Colégio Pueri Domus (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R. Silveiras 70	Vila Alpina 09071-100	29/9/1998	9/11/1999	0,00	Cristalino
76	17010009/225029(com.)	Instituto de Ensino Red Gaspar S/C Ltda/ Colégio Pueri Domus (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R. Silveiras 70	Vila Alpina 09071-100	29/9/1998	9/11/1999	0,00	Cristalino
77	17010009/225029(com.)	Instituto Educação Cultura Unidade Jardim S/C Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R. Silveiras 70	Vila Guiomar Vila Alpina 09071-100	29/5/2001	29/5/2001	1,00	Cristalino
78	(VS)(com.)	Instituto Coração de Jesus (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R.Siqueira Campos 483	Centro 09020-240				
79-59	(com.)	Inter Água Transportes Ltda (poço deve ser avaliado)	R. Dolores Duran 38	Parque Oratório	12/11/2003	12/11/2003	12,00	Cristalino
80-60	15165009/150804(VS)(com.)	Itavema Veículos (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R.Coronel Fernando Prestes 804	Centro 09020-110				
81-61	AREA RURAL(res.)	Ivone Sampaio Borotto - M.E.	Rua Jose do Patrocínio, S/N	Pedrozinho	20/5/1997	26/5/1998	17,00	Cristalino
82-62	(VS)(com.)	Jose Carlos Stafoche	R. Padre Miquelino 31 e 35	Utinga 09220-680	26/11/2001	26/11/2001	0,00	Cristalino
83-63	9085065/150062(VS)(hospital)	José Artur Cilurzo/Hospital São José do ABC	R.Martim Afonso De Souza 329	Vila Pires				

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
84-64	27095072/202541(res.)	Jose Francisco Pereira	Av.Inconfidência Mineira 22					
85-65	19301007/128312(VS)(com.)	L. B. Armazéns Gerais Frigoríficos Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	R. Acarapé 559	Paraiso Jardim Cambuí 09185-490	5/6/2000	5/6/2000	0,00	Cristalino
86-66	1174034/129226(VS)(ind.)	Labortex Ind. Com. Produtos Borracha Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av. Industrial 2234	Distrito Industrial	17/5/2000	17/5/2000	0,00	Cristalino
87-67	(VS)(ind.)	Laminação Nacional de Metais S.A.	R. Comendador Julio Pignatari 109	Utinga 09220-460	1/8/1990	1/8/1990	26,00	
88-68	(VS)(ind.)	Lanificio Santo Amaro S/A	R Coronel Fernando Prestes 680	Centro 09020-110	22/4/1993	22/4/1993	26,00	
89-69	13221022/153493(com.)	Lavanderia Progresso (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av.Doutor Erasmo 365	Vila Assunção 09030-010				
90-70	(VS)(com.)	Lebnan Tarabay	R. Porto Seguro 366	Santa Terezinha 09210-660	12/12/2000	12/12/2000	0,00	Terciário Formação São Paulo
91-71	3008102/128315(VS)(com.)	Magazine Piedi Ltda/Magazine Mundial/Irmãos Pezzolo	R. Coronel Oliveira Lima 514	Centro	30/7/2002	30/7/2002	0,60	Cristalino
92-72	(ind.)	Magnetti Marelli COFAP Cia Fabricadora de Peças	Av. Alexandre de Gusmão 1395	Vila Homero Thon Capuava 09111-310	8/1/2004	8/1/2004	4,20	Cristalino
93-73	(VS)(ind.)	Metalúrgica FPS do Brasil Ltda	Av. Alexandre de Gusmão. 834	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	8/11/1994	4/8/1997	8,00	Cristalino
94	(ind.)	Metalúrgica FPS do Brasil Ltda	Av. Alexandre de Gusmão 834	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	8/11/1994	4/8/1997	6,00	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h ⁻¹	AQUÍFERO	
95-74	14120047/149676 (VS)(com.)	Motel Atualita	Av.Sorocaba 52	Parque Ramalho 09290-260	João				
96-75	16054021/151582(com.)	Motel Corpo A Corpo Ltda	R.Oratório 5000	Parque Ramalho 09260-510	João				
97	(com.)	Motel Corpo A Corpo Ltda	R.Oratório 5000	Parque Ramalho 09260-510	João				
98-76	2124071/144981(com.)	Motel Fetiche	Av.dos Estados 1251	Vila Metalúrgica					
99-77	(res.)	Nelson Candido	R. Professor Luiz Inacio de Anhaia Mello 584	Vila Homero Thon	5/9/2001	5/9/2001	0,00	Cristalino	
100-78	FORA DA ÁREA URBANA (res.)	Nelson Simões Pinheiro	R. Sergio Cardoso S/N	Parque Pequeno 09162-140	Rio	21/6/2004	21/6/2004	0,50	Freatico
101-79	27102096/204023(com.)	Nova Geração Lava Rápido e Lanchonete (não existe mais este estabelecimento e o poço secou com a drenagem de retificação do córrego)	Estrada do Pedroso 1200						
102-80	(VS)(com.)	Olinda Comércio Participação Ltda	Av.Firestone 151	Casa Branca 09015-390					
103-81	(com.)	Osni de Almeida	Av. Do Estado 4542	Santa Terezinha	27/4/2004	27/4/2004	3,00	Cristalino	
104-82	(VS)(com.)	Persianas Tropical Ind. e Com. Ltda.	Av.Firestone 151	Parque Jaçatuba 09290-415	21/2/1995	24/2/1997	4,90	Cristalino	
105-83	(com.)	Pingo de Cristal Comércio de Água Ltda	R. Imirim 40	Vila Pires 09121-480	1/8/2001	1/8/2001	32,00	Cristalino	

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLU-SÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m ³ h ⁻¹	AQUÍFERO
106	(com.)	Pingo de Cristal Comércio de Água Ltda	R. Imirim 40	Vila Pires 09121-480	1/8/2001	1/8/2001	48,00	Cristalino
107	(com.)	Pingo de Cristal Comércio de Água Ltda	R. Imirim 40	Vila Pires 09121-480	1/8/2001	1/8/2001	37,50	Cristalino
108	(com.)	Pingo de Cristal Comércio de Água Ltda	R. Imirim 40	Vila Pires 09121-480	1/8/2001	1/8/2001	34,00	Cristalino
109	(com.)	Pingo de Cristal Comércio de Água Ltda	R. Imirim 40	Vila Pires 09121-480	1/8/2001	1/8/2001	31,00	Cristalino
110-84	5111082/207812 (VS)(ind.)	Pirelli Energia Cabos e Sistemas do Brasil S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 397	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	17/9/1991	19/4/2004	11,00	Cristalino
111	5111082/128300 (VS)(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	28,00	Cristalino
112	5111082/201385(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	40,00	Cristalino
113	5111082/201386(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	0,00	Cristalino
114	5111082/128299(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre De Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	40,00	Cristalino
115	5111082/128302(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	36,00	Cristalino
116	(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	65,30	Cristalino
117	(ind.)	Pirelli Pneus S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 487	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	9/5/2002	29/6/2004	30,00	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLUSÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h ⁻¹	AQUÍFERO	
118-85	5146031/153300 (VS)(com.)	Posto de Gasolina Cabeça Branca (poço desativado)	Av.Dos Estados 6700	Jardim Franco	Alzira				
119-86	9027304/133389 (VS)(ônibus)	Planeta Transportes e Turismo Ltda	Av.Dom Pedro I 180	Silveira					
120-87	8023002/129245 (VS)(ind.)	Plastineg Embalagens Especiais Ltda	Av.Dom Bosco 575	Parque Nações	das				
121-88	3006169/128309 (VS)(clube)	Primeiro de Maio Futebol Clube	Av.Portugal 79	Centro	09040-010				
122-89	5146027/153298(com.)	Quinze de Novembro Móveis e Utilidades Ltda	R.Vereador Jose Nanci 151						
123-90	9020099/203406(com.)	Retifica de Motores ABC	R.Tocantins 150	Vila Leopoldina	09030-190				
124-91	5145020/153293 (VS)(com.)	Rimasy Concessionária Ltda-FIORELLI com. de veículos fiat Ltda (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av.dos Estados 6620	Parque Jaçatuba	09290-520				
125-92	5145015/128293 (VS)(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jaçatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	0,00	Cristalino
126	5145015/128294(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	20,00	Cristalino
127	5145015/128290(ind.)	Rhodia Poliamida E Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	19,00	Cristalino
128	5145015/128291(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	11,00	Cristalino
129	5145015/128292(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	16,00	Cristalino
130	5145015/149038(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520	31/3/2005	31/3/2005	42,00	Cristalino
131	5145015/145837(ind.)	Rhodia Poliamida e Especialidades Ltda	Av. dos Estados 6144	Parque Jacatuba	09290-520				

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLUSÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
132	(VS)(ind.)	Rhodia S.A.	Av. Henry Sannejouand 6	Centro	22/4/1993	22/4/1993	110,00	
133	3169010/15003(VS)(ind.)	Rhodia Brasil Ltda	Av. Antonio Cardoso 319	Centro				
134	3169010/141090(ind.)	Rhodia Brasil Ltda	Av. Antonio Cardoso 319	Centro				
135-93	(VS)(res.)	RTC Construções Ltda	Av. dos Estados 6630	Parque Jaçatuba 09290-520	13/1/1997	13/1/1997	5,00	
136-94	(VS)(com.)	Santa Helena Assistência Medica S/C Ltda	Rua Manoel Vaz 59	Vila Alzira Vila Leopoldina 09015-410	27/2/2003	27/2/2003	2,00	Cristalino
137-95	5124006/128314(VS)(ind.)	Santo Amaro S/A Ind. e Com.	R. Coronel Fernando Prestes 680	Centro 09020-110				
138-96	(com.)	Santos & Ruiz Empreendimentos e Participações Ltda	R. Sumaré 510	Utinga Campestre 09080-600	12/11/2003	12/11/2003	30,00	Cristalino
139-97	(VS)(com.)	Seguri Ltda	Av. Ramiro Colleoni 370	Centro Vila Dora 09040-160	20/3/2001	20/3/2001	0,00	Cristalino
140-98	3030001/224112(VS)(hospital)	Soc Portuguesa de Beneficência de Santo André/Hospital e Maternidade Beneficência. Portuguesa	Av. Portugal 530	Centro 09040-010	8/7/1996	13/1/2004	5,00	Cristalino
141	(hospital)	Soc Portuguesa de Beneficência de Santo André/ Hospital e Maternidade Beneficência. Portuguesa	Av. Portugal 530	Centro 09040-010	8/7/1996	13/1/2004	0,00	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLUSÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
142-99	(VS)FORA DA ÁREA URBANA (ind.)	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	18,70	Cristalino
143	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	20,20	Cristalino
145	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	35,30	Cristalino
146	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	34,00	Cristalino
147	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	35,70	Cristalino
148	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	30,00	Cristalino
149	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	46,50	Cristalino
150	FORA DA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	21,45	Cristalino

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLUSÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m³ h⁻¹	AQUÍFERO
151	FORA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	24,00	Cristalino
152	FORA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	11,20	Cristalino
153	FORA ÁREA URBANA (ind.) DA	Solvay Indupa do Brasil S.A.	Estrada de Ferro Santos – Jundiá Km 38,0	Vila Elclor	25/3/1993	21/10/2002	0,00	Cristalino
155-100	(VS)(ind.)	Sonae Distribuição Brasil S.A.	Av. Pereira Barreto 290	Vila Dora Paraíso 09190-210	21/3/2001	21/3/2001	0,00	Cristalino
156	(VS)(ind.)	Sonae Distribuição Brasil S.A.	Av. Pereira Barreto 290	Vila Dora Paraíso 09190-210	4/12/2002	4/12/2002	5,00	Cristalino
157-101	6029024/204379(com.)	Super Lavagem Wiskinão Ltda	Av. Itamarati 923	Vila Curuçá 09290-730				
158-102	(VS)(ind.)	Sul Bras Plast Metalúrgica	R.Dolores Duran 46	Parque Oratório 09260-850				
159-103	3013026/150537(VS)(clube)	Tênis Clube de Santo André	R.Bernardino de Campo 254	Centro				
160-104	(VS)(ind.)	Tintas Coral Ltda	Av.Dos Estados 4826	Vila Metalúrgica 09220-570				
161-105	(ônibus)	Transportadora Litragem Certa Ltda	Rua Cisplatina 1290	Vila Vitória	22/1/1998	22/1/1998	24,00	Cristalino
162-106	9208073/38729(VS)(ônibus)	Transportadora Rodi Ltda	R.Giovanni Battista Pirelli 50	Vila Homero Thon 09111-340				

ITEM	CLASSIFICAÇÃO FISCAL/CONTA SEMASA	NOME / RAZÃO SOCIAL	ENDEREÇO	BAIRRO	DATA INCLUSÃO	DATA ATUALIZAÇÃO	VAZÃO m ³ h ⁻¹	AQUÍFERO
163-107	(VS)(ind.)	TRW Automotive Ltda	Av. Alexandre de Gusmão 1125	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	21/8/1998	25/5/2004	10,00	Cristalino
164	(ind.)	TRW do Brasil S.A.	Av. Alexandre de Gusmão 1125	Vila Homero Thon Parque Capuava 09111-310	22/4/1993	9/1/1998	12,00	
165-108	(com.)	União para a Formação , Educação e Cultura do ABC	Av. Pedro Américo 850	Vila Homero Thon 09110-560	19/3/2003	18/3/2005	0,00	Cristalino
166	(com.)	União para a Formação , Educação e Cultura do ABC	Av. Pedro Américo 850	Vila Homero Thon 09110-560	19/3/2003	18/3/2005	4,00	Cristalino
167-109	9027263/ 204378(VS) (com.)	Valter Borotto M.E.- Wiskinão Lava Rapido	Av. D. Pedro I 500(480) R.Fenicia 365	Vila Arlete	27/12/1996	4/2/1998	7,00	Cristalino
168	(com.)	Valter Borotto M.E.- Wiskinão Lava Rapido	Av. D. Pedro I 500(480) R.Fenicia 365	Vila Arlete	27/12/1996	4/2/1998	11,00	Cristalino
170-111	19325040/ 128746(VS) (ônibus)	Viação Padroeira do Brasil Ltda	R.Montemor 200	Jardim Bom Pastor Jardim Ocara 09051-110				
171-112	(VS)(ônibus)	Viação São José de Transporte	Av.Dom Pedro I 3400	Vila Luzita Vila Pires 09130-400				
172-113	1104091/ 150063(VS) (com.)	W.J.Padoveze e Irmãos Ltda.	R.Coqueiros, 175	Campestre 09080-010				
173-114	5146041/ 148297(VS) (com.)	Wal-Mart Supercenter (poço não é utilizado para consumo humano-VS)	Av.dos Estados 8001	Jardim Alzira Franco				
174-115	16054005/ 147779 (VS) (ind.)	White Martins Gases Industriais Ltda.	Av. Presidente Costa e Silva 2629	Parque Capuava 09270-000	17/11/2004	17/11/2004	10,00	Cristalino
175	(ind.)	White Martins Gases Industriais Ltda	Av. Presidente Costa e Silva 2629	Parque Capuava 09270-000	17/11/2004	17/11/2004	6,00	Cristalino

**Anexo III – MAPAS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ COM A
LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E POÇOS ARTESIANOS**

São Caetano
do Sul

São Paulo

Postos de Gasolina e Poços Artesianos

semasa
SANEAMENTO AMBIENTAL

ipen

Mauá

Legenda

□ Santo André

Λ Logradouros

● Poços Artesianos

Postos de Gasolina
Quanto a Contaminação

● não

● sim

São Bernardo do Campo

1:30000

1 0 1 Kilometers

Ribeirão Pires

Rio Grande
da Serra

Suzano

Mogi das
Cruzes

Cubatão

Santos

DGA - Departamento de Gestão Ambiental - Mar06

Postos de Gasolina e Poços Artesianos

semasa
SANEAMENTO AMBIENTAL

São Paulo

São Caetano
do Sul

São Bernardo
do Campo

Mauá

Legenda

- Santo André
- Drenagem
- Logradouros

- Poços Artesianos
- Postos de Gasolina
- Quanto a Contaminação
- não
- sim

DGA - Departamento de Gestão Ambiental - Abr06

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, J.; HÖGBERG, J.; THOMASSEN, Y.; AASETH, J. **Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds**. Ed. Hans G. Seilter & Helmut Sigel, p. 581-590, 1988.

ANA. Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Edição Comemorativa do Dia Mundial das Águas. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Anuários estatísticos, 2003**. Disponível em :< http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2004.asp > Acesso em: 24/11/2005.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Portaria nº 116, de 5 de julho de 2000**. Disponível em:< http://www.mj.gov.br/dpdc/servicos/legislacao/pdf/portaria%20n116_anp.pdf > Acesso em: 12/01/2006.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Fiscalização**. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/doc/fiscalizacao/fiscaliza_sp.pdf > Acesso em: 12/01/2006.

APHA, AWWA, WEF. American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^a ed. Washington: American Public Health Association. 1998.

API. American Petroleum Institute. **BTEX**. 1993. Disponível em: < <http://api-ec.api.org/frontpage.cfm> > Acesso em: 12/01/ 2000.

BICALHO, K. V. **Dissolução de gasolina em presença de água e etanol**. 1997. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BORGUETTI, N.R.B.; BORGUETTI, J.R.; FILHO, E.F.R. **O Aquífero Guarani**. 2004, Curitiba, p. 214.

BRANCO, S.M. **A água e o homem**. In: Hidrologia Ambiental, v.3. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1991, p. 3-25.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 273 de 29 de Novembro de 2000**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n º 518 de 25 de março de 2004.** Disponível em < http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm_518_2004.pdf > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL-A. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito. **Dados estatísticos.** Disponível em :< <http://www.denatran.gov.br/estatisticas.htm> > Acesso em: 24/11/2005.

BRASIL-B. Governo Federal. **Decreto Federal de 22 de Março de 2005.** Disponível em < http://www.cnrh-srh.gov.br/legisla/br_decreto_sem_numero_22mar%E7o05_Decada_agua.pdf > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL-C. Ministério do Meio Ambiente. **Decênio Internacional para Ação Água, fonte de vida.** Disponível em< <http://www.ana.gov.br/Destaque/destaque253.asp> > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** 2003. Disponível em< http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/20Plano%20Nacional4_04_03.pdf > Acesso em: 24/10/2003.

BRASIL. Governo Federal. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Disponível em< <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1981/6938.htm> > Acesso em: 22/01/2006.

BRASIL. Governo Federal. **Lei Federal nº 9.478 de 1997.** Disponível em < <http://www.presidencia.gov.br/ccivil/LEIS/L9478.htm> > Acesso em: 22/01/2006.

BRASIL. Governo Federal. **Decreto federal nº 99.274 de 6 de junho de 1990.** Disponível em< http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99274.htm. > Acesso em: 22/01/2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal n º 9.433 de 8 de Janeiro de 1997.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/srh/estagio/legislacao/legislacao/lei9433.html> > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n º 319 de 04 de Dezembro de 2002.** Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> > Acesso em: 13/07/05.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário estatístico 2004.** Disponível em < http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp > Acesso em: 22/07/05.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Começa cobrança de uso da água nas bacias do Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Disponível em < <http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=2202> > Acesso em: 25/01/06.

CETESB-A. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Áreas Contaminadas.** Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/areas.asp > Acesso em: 13/07/05.

CETESB-B. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003.** São Paulo, 2004.

CETESB-C. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2004.

CETESB-D. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relação de áreas contaminadas.** Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.asp > Acesso em: 16/12/05.

CETESB-E. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. 2002.** Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp > Acesso em: 13/07/05.

CETESB-F. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo, Nova Tabela. 2005.** Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf > Acesso em: 13/01/06.

CETESB-G. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Santo André assume atribuições do Estado na área ambiental.** Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/003/07/31_santo_andre_assume.asp > Acesso em: 13/07/05.

CHEDIT, E. ET AL. **CPI dos combustíveis.** Disponível em < <http://www.al.sp.gov.br> > Acesso em: 16/10/02.

COELHO, V.M.T.; DUARTE, U. Perímetros de proteção para fontes naturais de águas minerais. **Ver. Águas Subterrâneas** n° 17, p. 77-91, maio 2003.

CONCAWE. **Gasoline, prepared by concawe's petroleum products and health management groups.** Brussels, n° 92/103, july 1992. Disponível em < <http://www.concawe.org/Content/Default.asp?PageID=35> > Acesso em: 13/07/05.

CORSEUIL, H. X.; ALVAREZ, P.J.J. Natural biorremediation perspective for BTX contaminated ground in Brazil. **Water Science & Technology**, 35: 9-15, 1996.

CORSEUIL, H. X. Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina: O problema é grave? **Eng.San.Amb.**; p.50-54, abril e junho 1997.

COTRIM, M. E.B.; FURUSAWA, H. A.; DANTAS, S. K.; GELATTI, M. J. G.; BELTRAME FILHO, O.; BANA, B.; PIRES, M. A. F. **Caracterização de sedimentos ativos de drenagem em áreas de captação**. In: XV ENCONTRO TÉCNICO "SANEAMENTO, DIREITO COM DEVERES" – AESABESP, 30 de ago. – 01 de set., 2004, São Paulo.

COTRIM, M. E.B.; DANTAS, S. K.; HIROI, J.; PIRES, M. A. F. **Qualidade das águas subterrâneas utilizada para abastecimento público no Vale do Ribeira – SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 18-23 set 2005, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

COTRIM, M.E.B., **Avaliação da qualidade da água na Bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape com vistas ao abastecimento público**. 2006. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

CUNEO, R. G. **Petróleo**. Disponível em <
<http://www.buladequimica.com.br/petroleo/petroleo.htm>> Acesso em: 21/11/02.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Decreto nº 41.258 de 31 de outubro de 1996**. Disponível em <
http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/decreto_41258.htm> Acesso em: 21/12/05.

DANTAS, E.S.K. **Introdução à Absorção Atômica**, (apostila), 1992.

DAUZACKER, F.; PALOMBO, E. R. Impacto das futuras especificações na formulação da gasolina brasileira. **Bol. Téc. Petrobras**, 46(3/4), p.266-269, jul./dez. 2003, Rio de Janeiro.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Legislação**. Disponível em < <http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em: 10/3/2006.

DOMINGUES, J.M. **CAPITULO IV – Relatório de collon, 2003**. Disponível em < <http://www.porangabasuahistoria.cjb.net> > Acesso em: 21/12/05.

DOURADO, F. F. M. **Tratabilidade de água subterrânea contaminada com hidrocarbonetos do petróleo**, 1998. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

EPA, U. S - A. Environmental Protection Agency. ***Chloride, Orthophosphate, Nitrate e Sulfate in Wet Deposition by Chemical Suppressed Ion Chromatography***. Method 300.6, 1986.

EPA, U. S - B. Environmental Protection Agency. ***Dissolved Sodium, Ammonium, Potassium, Magnesium, and Calcium in Wer Deposition by Chemical Suppressed Ion Chromatography***. Method 300.7, 1986.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency. ***Guia para la proteccion de las aguas subterraneas***. EPA 440/6-90-004 April 1990.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency. ***Site Characterization for Subsurface Remediation***. EPA/625/4-91/026, nov.1991.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency. ***How to effectively recover free product at leaking underground storage tank sites***. EPA/510-R-96-001, 1996.

FERNANDES, M. ***Influência do etanol na solubilidade de hidrocarbonetos monoaromáticos em aquíferos contaminados com gasolina***. 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

FERREIRA, S. B. ***Estudos laboratoriais para avaliação do potencial de contaminação de água e de solo por gasolina oxigenada***. 2000. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FURTADO, M. Remediação de solos. Para afastar o perigo que se esconde nos subterrâneos das grandes cidades, meios legais e econômicos devem fomentar obras de descontaminação. ***Química e Derivados***, p.26-45, maio 2005.

FURUSAWA, H.A; DANTAS, E.S.K.; COTRIM, M.E.B.; PIRES, M.A.F. Arsenic and seleniuium evalution in human consupcion distination waters. In: SEVENTH RIO SYMPOSIUM ON ATOMIC SPECTROMETRY. 7 a 12 de abril, 2002, Florianópolis, Santa Catarina.

GOUVEIA, J. L. N. ***Atuação de equipes de atendimento emergencial em vazamentos de combustíveis em postos e sistemas retalhistas***. 2004. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUIGUER, N. ***Poluição das águas subterrâneas e do solo causadas por vazamentos em postos de abastecimento***. Waterloo Hydrogeologic, Inc., Waterloo, Canadá, 1996.

HARRIS, D. C. ***Análise Química Quantitativa***. New York, N.Y. W.H.Freeman and Company, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br> > Acesso em: 13/07/05.

KAIPPER, B.I.A. **Influência do etanol na solubilidade de hidrocarbonetos aromáticos em aquíferos contaminados por óleo diesel**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

LEMES, M.J.L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

LOPES, M. Posto de gasolina: instalação só com a autorização da ANP. **Folha do Meio Ambiente**, edição 105, junho 2000.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 2^a revisão, Ortofarma, Juiz de Fora, 2000.

MAXIMIANO, A. M. S. **Determinação de níveis aceitáveis no ambiente para hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas no rico (RBCA), aplicação para cidade São Paulo**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILLER, A. D. **Remediação de fase livre de gasolina por bombeamento duplo: estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NICOLETTI, A. **Avaliação do uso da atenuação natural como alternativa de remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo: o caso de dois postos de abastecimento de combustíveis**. 2000. Monografia de formatura - Instituto de Geociência, São Paulo.

NOBRE M. M.; NOBRE, C.M. Remediação de solos. Técnicas alternativas melhoram desempenho. **Química e Derivados**, n^o 417, junho 2003.

OLIVEIRA, E. **Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamento subterrâneo**. 1992. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PACHECO, A. **Análise das características e da legislação para uso e proteção das águas subterrâneas em Meio Urbano, Município de São Paulo**. 1984. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, M. A.C. **Alteração da espessura da fase livre da gasolina sob ação co-solvente do etanol**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PETROLEUM. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum> > Acesso em: 13/01/06.

REIS, E. L. T. **Abordagem sistêmica do sistema de tratamento de água de Registro, São Paulo, com ênfase na avaliação do impacto do descarte dos resíduos na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape**. 2006. Doutorado (Tese) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Sabesp ensina**, 2004. Disponível em :< [http:// www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br) > Acesso em: 24/09/2005.

SANTO ANDRÉ. **Lei nº 7.733 de 14 de outubro de 1998**. Disponível em :< <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/LEIMUN7733.98.pdf> > Acesso em: 24/09/2005.

SANTO ANDRÉ-A. **Água e esgoto**. Disponível em :< <http://www.semasa.sp.gov.br/> > Acesso em: 24/09/2005.

SANTO ANDRÉ-B. **Dados da Cidade**. Disponível em < <http://www.santoandre.sp.gov.br> > Acesso em: 13/07/05.

SANTOS, A. S.; VALLE; M. L. M.; GIANNINI, R. G. Adição de compostos oxigenados na gasolina e a experiência do Proálcool. **Economia & Energia** nº 19, março-abril 2000.

SÃO PAULO-A (Estado). **Lei estadual 997 de 31 de maio de 1976**. Disponível em < http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1976_Lei_Est_997.pdf > Acesso em: 22/01/2006.

SÃO PAULO-B (Estado). **Decreto estadual nº 8.468 de 8 de setembro de 1976**. Disponível em< http://sigam.cetesb.sp.gov.br/sma/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Ambiental/Decreto%20Estadual%201976_08.468.pdf > Acesso em: 22/01/2006.

SÃO PAULO-C (Estado). **Sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos de São Paulo**. Disponível em < http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_apresentacao.exe/comite > Acesso em :22/07/05.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente, **Decretos Estaduais nºs 47.397 e 47.400, de 05 de Dezembro de 2002**. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/leis_internet/estadual/txt_decreto.htm > Acesso em: 13/07/05.

SÃO PAULO (Estado). **Lei estadual nº 6.134 de 2 de junho de 1988**. Disponível em :< http://rda.znc.com.br/legislacao/lei20/legis_view > Acesso em: 24/01/2006.

SÃO PAULO (Estado). **Lei n° 11.929 de 12 de abril de 2005**. Disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/11929.pdf> > Acesso em: 13/07/05.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, **DAEE inicia cadastramento de grandes usuários**. Disponível em <<http://www.daee.sp.gov.br/outorgaefiscalizacao/index.htm> Acesso em: 13/07/05.

SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Sanitária. **Resolução SS-45 de 31 de janeiro de 1992 da Vigilância Sanitária do Estado**. Disponível em < <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/legislacao.html> > Acesso em: 13/07/05.

SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Sanitária. **Resolução SS-4 de 10 de janeiro de 2003 da Vigilância Sanitária do Estado**. Disponível em < <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/legislacao.html> > Acesso em: 13/07/05.

SEMASA-A. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental. **Lei Municipal n° 8.498 de 21 de maio de 2003**. Disponível em <<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/LEIMUN8498.03.pdf> Acesso em: 13/02/06.

SEMASA-B. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental. **Lei Municipal n° 8.499 de 21 de maio de 2003**. Disponível em <<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/LEIMUN8499.03.pdf> > Acesso em: 13/02/06.

SEMASA. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental. **Decreto Municipal n° 15.091 de 8 de julho de 2004**. Disponível em < <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/DECMUN15091.04.pdf> > Acesso em: 13/02/06.

SILVA, C. E. F.; SILVA, G. C.; MENICONI, M. F. G.; GABARDO, I. T. Comparação das técnicas *purgue & trap* (P&T) e microextração em fase sólida (MEFS) para determinação de BTEX em água. **Boletim Técnico Petrobras**, 43 (4/3), 153-162, jul./dez. 2000, Rio de Janeiro.

SILVA, R.L.B.; BARRA, C.M.; MONTEIRO, T. C.N., BRILHANTE, O. M. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis consequências para a saúde pública no município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v.18 n° 6, 1-13 nov-dez, 2002.

SINDICON. Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes. **História da distribuição**. Disponível em <http://www.sindicom.com.br/historia/fm_historia.htm > Acesso em: 19/09/02

SPILBORGS, M. C. F. **Biorremediação de aquíferos contaminado com hidrocarbonetos**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, São Paulo.

SRACEK, O; ALEIDA, R. M.R. Atenuação natural de compostos orgânicos. **Saneamento Ambiental**, nº 79, P.29-37, agosto 2001.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação**, São Paulo, Escritura Editora, 1999, 717p.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 2.ed. ver. e amp. São Paulo: Escrituras, 2002. 702p.

REBOUÇAS, A. C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. **Ver. Águas Subterrâneas** nº 16, 1-13, maio 2002.

ROCHA, E.C. **Desenvolvimento de métodos de preparação de amostras de pesticidas organoclorados e compostos orgânicos voláteis, em uma única etapa, para análise por cromatografia gasosa**. 1997.Tese (Doutorado) - Unicamp, Campinas.

ROCHA, E. C.; VALENTE, A. L. P. Extração e pré-concentração de compostos orgânicos voláteis por permeação em membranas para análise cromatográfica. **Química Nova**, 23(1), p.94-97, 2000.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, 27, nº 3, p.441-446, 2004.

UNESCO. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. **Internationally shared (transboundary) aquifer resources management (ISARM); their significance and sustainable management**, 2001. Disponível em: < <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001243/124386e.pdf> > Acesso em 22/09/2005.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization, Itália, **Report on Pollution and Remediation in Brazil**, may 1999.

VALLE, M. A. **Diagnóstico da relação indústria e meio ambiente no Município de Santo André - SP, com ênfase nos recursos hídricos**. 1997. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

VÊNCIO, F. N. C. Combustíveis: o posto e o mico. **Folha do Meio Ambiente**, edição 105, junho 2000.

VOGT, C. **Historia do petróleo no Brasil**. Disponível em: < <http://www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet06.shtml> > Acesso em 22/12/2005.

ZIMBRES, E. ***Guia avançado sobre águas subterrâneas***, 2000. Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm> > Acesso em 22/09/2005.