UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

GABRIELA MARIA ARANTES RODRIGUES

***ATIVIDADE DE ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE
COMBUSTÍVEL NOS CENTROS URBANOS: OS POSTOS DE
COMBUSTÍVEIS E A SAÚDE PÚBLICA***

**SÃO PAULO
2015**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

**GABRIELA MARIA ARANTES
RODRIGUES**

*Atividade de armazenamento e distribuição de
combustível nos centros urbanos: os postos de
combustíveis e a saúde pública*

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade,
da Faculdade de Saúde Pública, da
Universidade de São Paulo, para a obtenção do
título de Mestre em Ciências.*

*Orientadores: Prof. Dr. Wanderley da Silva
Paganini*

SÃO PAULO

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução, total ou parcial, é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

Catálogo da Publicação

Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

Rodrigues, Gabriela Maria Arantes

Atividade de armazenamento e distribuição de combustível nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública. Wanderley da Silva Paganini – São Paulo – 2015.

Nº fls. 88 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2015

RODRIGUES, Gabriela Maria Arantes. Atividade de armazenamento e distribuição de combustível nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Universidade de São Paulo

RELATÓRIO DE DEFESA

Aluno: 6139 - 8473591 - 1 / Página 1 de 1

Relatório de defesa pública de Dissertação do(a) Senhor(a) Gabriela Maria Arantes Rodrigues no Programa: Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, do(a) Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Aos 28 dias do mês de julho de 2015, no(a) Sala Samuel Branco realizou-se a Defesa da Dissertação do(a) Senhor(a) Gabriela Maria Arantes Rodrigues, apresentada para a obtenção do título de Mestra intitulada:

"Atividade de armazenamento e distribuição de combustível nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Wanderley da Silva Paganini	Presidente	FSP - USP	<u>Aprovado</u>
Pedro Caetano Sanches Mancuso	Titular	FSP - USP	<u>APROVADO</u>
Carlos Roberto dos Santos	Titular	Externo	<u>APROVADO</u>

Resultado Final:

Aprovado

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Pedro Daniel Blanco Alves, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as). São Paulo, aos 28 dias do mês de julho de 2015.

Pedro Daniel Blanco Alves
Nº USP 6836107

Pedro Caetano Sanches Mancuso

Carlos Roberto dos Santos

Wanderley da Silva Paganini
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

DEDICATÓRIA

Ao Marco,

Pela paciência, apoio, compreensão e amor,
afinal de contas, o que seria da minha vida sem você?

AGRADECIMENTOS

Inúmeras pessoas me ajudaram na conclusão desse trabalho, algumas em especial merecem TODOS os agradecimentos do mundo na forma mais sincera que posso oferecer.

Ao meu orientador Wanderley Paganini, que me guiou nos primeiros passos da Saúde Pública, pela dedicação e pela paciência dos últimos meses...

Aos professores e colegas da Faculdade de Saúde Pública pelas ideias, sugestões, críticas e elogios.

Aos meus pais, pelo amor e pela confiança.

Mãe, obrigada pelas inúmeras revisões.

As minhas amigas, em especial Gabriela, Juliana e Marina, que sempre confiaram e torceram por mim.

Este trabalho jamais teria sido realizado sem a compreensão de tantas pessoas, cada qual na sua maneira e sempre com a mesma importância.

A todos que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui, e que este caminho não termine, continue por mais longos anos de estudo.

Obrigada!

RESUMO

RODRIGUES, G.M.A. **Atividades de armazenamento e distribuição de combustível nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública.** 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A existência de postos de combustíveis como áreas contaminadas pode ocasionar danos à saúde pública ocasionados pela toxicidade e explosividade dos produtos inerentes aos postos de combustíveis, além da desvalorização de imóveis. Este trabalho busca abordar a relação entre os postos de combustíveis e a saúde pública. A proposta do trabalho foi avaliar a potencialidade da contaminação ambiental e os perigos à saúde pública oferecidos pelas atividades de armazenamento e de distribuição de combustíveis e a exploração das águas subterrâneas em grandes centros urbanos. Foram elaborados mapas considerando os poços de captação outorgados pelo DAEE e postos de combustíveis cadastrados na CETESB até dezembro de 2012, no município de São Paulo. De acordo com a distribuição dos poços de captação e postos de combustíveis foram estabelecidos níveis de insegurança considerando áreas com restrição para instalação de novos poços de captação. Havendo o interesse do poder público em promover a remediação ou recuperação de áreas contaminadas e do setor imobiliário em que estas áreas sejam recuperadas e, principalmente, considerando os recentes incentivos para a captação de água subterrânea como maneira alternativa de conter a escassez de água no Estado de São Paulo, conclui-se, que existe a necessidade da atuação pública em áreas classificadas como de alta insegurança, como as subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana. Nas áreas classificadas como média ou baixa insegurança existe a necessidade da atuação pública para a manutenção ou melhoria da qualidade das águas subterrâneas e da saúde pública.

Palavras-chave: Áreas Contaminadas, Qualidade da Água, Saúde Ambiental.

ABSTRACT

RODRIGUES, G.M.A. **Storage and fuel distribution activities in urban centers: the gas stations and public health.** 2015. 88f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

The existence of gas stations as contaminated areas can cause harm to public health caused by toxicity and explosivity of stored products (diesel, gasoline and ethanol). This research proposes to address the relationship between gas stations and public health and to evaluate the potential of environmental contamination and the dangers to public health due to the storage and distribution of fuels and groundwater explorer in large urban centers. Maps were developed considering the extraction wells water taking permit by DAEE and gas stations registered in CETESB, until December 2012, in São Paulo city. According to the distribution of extraction wells and gas stations, insecurity levels were established considering areas with restriction for installing new extraction wells. Considering the recent incentives for groundwater extraction as an alternative way to contain the water shortage in the state of São Paulo, it is concluded that there is the need for public action in areas classified as high insecurity, as the sub-city Hall of Mooca, Sé and Vila Mariana. In areas classified as medium or low uncertainty there is a need for public action to maintain or improve the quality of groundwater and public health.

Keywords: Contaminated Areas, Quality of Waters, Environmental Health.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC crítica: Área Contaminada Crítica

AC: Áreas Contaminadas

ACBR: Ações Corretivas Baseadas em Risco

ACI: Área Contaminada sob Investigação

ACRe: Área Contaminada em Processo de Remediação

ACRi: Área Contaminada com Risco Confirmado

ACRu: Área Contaminada em Processo de Reutilização

AI: Área Contaminada sob Investigação

AME: Área em Processo de Monitoramento para Encerramento

AMR: Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação

ANP: Agência Nacional do Petróleo

AP: Área com Potencial de Contaminação

AR: Área Reabilitada para o Uso Declarado

AS: Área Suspeita de Contaminação

ATSDR: *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*

BTEX: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos

CAS: *Chemical Abstracts Service*

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVS: Centro de Vigilância Sanitária

DAEE: Departamento de Águas e Energia Elétrica

DECONT: Departamento de Controle da Qualidade Ambiental

DNC: Departamento Nacional de Combustíveis

GTAC: Grupo Técnico Permanente de Áreas Contaminadas

IARC: *International Agency for Cancer Research*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NTP: *National Toxicology Program*

OMS: Organização Mundial da Saúde

OCDE: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PIB: Produto Interno Bruto

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

SASC: Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível

SMA: Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SVMA: Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

UGRHI: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

US EPA: *United States Environmental Protection Agency*

USP: Universidade de São Paulo

UTM: Universal Transverso de Marcator

VMP: Valor Máximo Permitido

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área de estudo	44
Figura 2 - Distribuição dos postos de combustíveis cadastrados pela CETESB e poços de captação outorgados pelo DAEE no município de São Paulo até dez/2012	59
Figura 3 - Definição das áreas de insegurança considerando células de 500 x 500 m	61
Figura 4 - Definição das áreas de insegurança considerando as subprefeituras	67
Figura 5 – Principais áreas de insegurança - Mooca	70
Figura 6 – Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Mooca	71
Figura 7 – Principais áreas de insegurança - Sé	73
Figura 8 – Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Sé	74
Figura 9 - Principais áreas de insegurança – Vila Mariana	76
Figura 10 - Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Vila Mariana	77

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Evolução do número postos de combustíveis cadastrados na CETESB e existentes no Estado de São Paulo entre 2002 e 2012	57
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores máximos permitidos para BTEX em água de abastecimento	29
Tabela 2 - Compostos químicos orgânicos presentes na gasolina	31
Tabela 3 - Sistemas de classificação para substâncias químicas	32
Tabela 4 - Classificações quanto ao tipo de efeito do BTEX	33
Tabela 5 - Evolução do número postos de combustíveis cadastrados na CETESB e existentes no Estado de São Paulo entre 2002 e 2012	56
Tabela 6 – Resultados obtidos na 1ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança.....	60
Tabela 7 – Resultados obtidos na 2ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança	62
Tabela 8 – Resultados obtidos na 2ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança.....	63
Tabela 9 – Critérios de insegurança considerados.....	65
Tabela 10 – Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de insegurança	65
Tabela 11 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Mooca	68
Tabela 12 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Sé	72
Tabela 13 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Vila Mariana	75

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
Objetivos	19

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.1. Definição de Áreas Contaminadas	20
1.2. Definição de Poço de Captação de Água Subterrânea	20
1.3. Definição de Risco à Saúde Humana	21
1.4. Aspectos Legais	22
1.4.2. Âmbito federal	22
1.4.2 Âmbito estadual	22
1.4.2.1 Leis	23
1.4.2.2. Decretos	24
1.4.2.3 Resoluções	24
1.4.2.4 Decisões de Diretoria	25
1.4.3 Âmbito municipal	26
1.4.3.1 Leis	26
1.4.3.2 Decretos	26
1.5. Potencial de Poluição do Solo e das Águas	27
1.5.1 Padrão de potabilidade da água para consumo humano	27
1.6 A Contaminação em Postos de Combustíveis e os Efeitos à Saúde Pública	29
1.6.1 A concepção de postos de combustíveis em meios urbanos	29
1.6.2 Composição da gasolina	30
1.6.3 Possíveis danos à saúde da população exposta	31
1.6.3.1 Toxicologia dos principais constituintes da gasolina	33

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS	42
2.1. As Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo	42
2.1.1. A Região Metropolitana de São Paulo	43
2.1.2. O Município de São Paulo	43
2.2. Sistema de Gestão de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo	45
2.2.1. Cadastro de áreas contaminadas e reabilitadas	46
2.2.2. Classificação das áreas contaminadas	48
2.3. Sistema de Gestão de Áreas Contaminadas do Município de São Paulo	50
2.4. Captação de Água Subterrânea	51
2.4.1. Sistema de outorga do Estado de São Paulo	51
2.5. Contextualização do Problema	53

2.5.1. Alocação dos postos de combustíveis.....	53
2.5.2. Alocação dos poços de captação	53
2.5.3. Situações de insegurança e possibilidades de contaminação	53
2.5.4. Definição das áreas com situações de insegurança	54

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1. Evolução da Contaminação por Postos de Combustíveis	56
3.2. Áreas com Situações de Insegurança no Município de São Paulo	58
3.2.1. Classificação das áreas com situações de insegurança	62
3.2.1.1. Subprefeitura da Mooca	68
3.2.1.2. Subprefeitura da Sé	72
3.2.1.3. Subprefeitura da Vila Mariana.....	75

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
---	-----------

REFERÊNCIAS	80
--------------------------	-----------

INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial proporcionou à humanidade um conforto material onde pode ser incluída a melhoria da qualidade de vida. Neste período a civilização humana começou a desenvolver técnicas e fabricar equipamentos que permitiram minimizar o esforço e produzir cada vez mais. Entre o final da Segunda Guerra Mundial e os últimos anos da década de 1980 a população mundial apresentava um crescimento populacional na ordem de 120%, e a produção industrial acompanhava com escala superior, de cerca de 400% (PENNA, 1999).

O aumento da produção e da oferta de bens materiais, consequência natural da civilização industrial favoreceu o surgimento de uma sociedade que faz apologia ao consumo. A compreensão do papel do consumo na vida cotidiana das pessoas abre oportunidades para o atendimento das necessidades individuais de alimentação, habitação, saneamento, instrução, energia, enfim, o bem-estar material (FELDMANN, 2003).

Para FELDMANN (2003) o símbolo maior do fenômeno do consumo no mundo talvez seja o automóvel. A indústria automobilística trouxe transformações importantes no processo de produção e industrialização, como no início do século 20 com a implantação da linha de montagem por Henry Ford. No início do século o automóvel deixa de ser um meio de transporte e passa a atender e criar demandas de *status* e afirmação social, sendo transformado em objeto de poder amparado pela indústria da publicidade (FELDMANN, 2003)

Neste contexto, o número de automóveis no mundo aumentou entre as décadas de 1970 e 1990 de 250 para 580 milhões de unidades fabricadas. A produção mundial de motocicletas em 1985 era de 13 milhões, dez anos depois chegou a 20 milhões (PENNA, 1999). O Anuário da Indústria Automobilística Brasileira (ANFAVEA, 2013) reporta a existência de uma frota de veículos automotores de cerca de 29 milhões de unidades no Brasil, sendo o Estado de São Paulo responsável por 35%.

Entre 1970 e 1990 o consumo de petróleo elevou de 17 para 24 bilhões de barris por ano e o gás natural de 31 para 70 milhões de pés cúbicos (PENNA, 1999). A década de 60 registra a abundância do petróleo disponível em reservas pelo mundo e o excesso de produção, que aliados aos baixos preços no mercado, estimularam o consumo desenfreado. A produção de petróleo no Brasil cresceu de 750 m³/dia, quando criada a Petrobras em 1953, para 182 mil m³/dia no final dos anos 90 (THOMAS, 2004).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP) a produção de petróleo no Brasil aumentou de 465 milhões de barris produzido em 2.000 para 780 milhões em 2012 (ANP, 2013a).

No Brasil o transporte de cargas se dá principalmente por meios rodoviários, em veículos pesados movidos a diesel. A indústria demanda quantidades significativas de óleo combustível e de frações pesadas que são consumidas em caldeiras e nos fornos industriais. O consumo de petróleo no Brasil difere do consumo verificado nos Estados Unidos, tanto em função do modo de transporte de cargas quanto no perfil de consumo de combustíveis pelos automóveis. No Brasil, a demanda por gasolina é menor devido a produção do etanol hidratado que é consumido em veículos dedicados ou com motor bicomcombustível e, principalmente, pela adição de etanol anidro à gasolina brasileira (SZKLO e ULLER, 2008).

A existência de postos de combustíveis é essencial para o abastecimento da frota de veículos que o Brasil dispõe. Vazamentos a partir de tanques de armazenamento subterrâneo de combustível configuram hoje um dos maiores problemas de contaminação ambiental urbana do mundo. Considerando que estes tanques armazenam substâncias consideradas tóxicas, um eventual vazamento pode gerar ameaças à saúde humana e ao meio ambiente (MAXIMIANO, 2001; MORAIS, 2006; GOUVEIA e NARDOCCI, 2007).

A ANP (2013b) relata a existência de 9.057 postos de combustíveis no Estado de São Paulo em 2012. Em 11 de março de 2014 foi publicada no Diário Oficial a existência de 8.463 postos ativos no Estado de São Paulo (SILVEIRA, 2014). No município de São Paulo, de acordo com pesquisa realizada no banco de dados¹ *on line* da ANP, é possível verificar a existência de 1.941 postos revendedores de gasolina.

Na área ambiental, a Resolução CONAMA² n° 273, de 29 de novembro de 2000, apresenta os sistemas que um posto de combustível deve possuir para proteção do solo e da água subterrânea: equipamentos e sistemas de monitoramento, equipamento para detecção de vazamentos, sistemas de drenagem, tanques de armazenamento, tratamento e controle de efluentes proveniente dos tanques e dispositivo para recolhimento de óleo lubrificante usado (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000). A implementação destes sistemas nos postos de combustíveis evita a contaminação do solo e da água subterrânea.

A existência de postos de combustíveis como áreas contaminadas pode provocar problemas como a ocorrência ou a possibilidade de explosões e de

¹ Pesquisa realizada no Banco de Dados *on line* da ANP em 30/03/2014

² Conselho Nacional do Meio Ambiente

incêndios, ocasionar danos ou riscos à saúde das pessoas e dos ecossistemas a longo prazo e provocar o aumento da incidência de doenças em pessoas expostas às substâncias químicas presentes em águas subterrâneas coletadas em poços (SANCHES, 1998; MORAIS, 2006; GOUVEIA e NARDOCCI, 2007).

A gestão dos recursos hídricos subterrâneos depende do gerenciamento das áreas contaminadas, considerando o objetivo de conhecer quais são as áreas contaminadas, quais são os principais contaminantes, qual é o risco à saúde humana de cada contaminante e onde estão as plumas de contaminação para efetuar ações de controle e de remediação a fim de manter a qualidade dos recursos hídricos para usos múltiplos (SOARES, 2011).

Objetivos

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a potencialidade da contaminação ambiental e os perigos à saúde pública oferecidos pelas atividades de armazenamento e de distribuição de combustíveis em grandes centros urbanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e avaliar os dados referentes à evolução do cenário de contaminação por postos de combustíveis nos últimos 10 anos, com base no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo;
- Analisar a interpolação dos dados referentes à localização dos postos de combustíveis e dos poços de captação de água subterrânea no município de São Paulo;
- Sugerir um índice de insegurança com base no número de poços de captação outorgados e número de postos de combustíveis cadastrados pela CETESB no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Estado de São Paulo.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Definição de Áreas Contaminadas

Pode-se definir área contaminada como área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde existem concentrações de poluição ou contaminação por substâncias ou resíduos depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de maneira planejada, acidental ou natural, que causem ou venham a causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, como por exemplo, a saúde da população, e a qualidade do solo, das águas e do ar. Os poluentes ou contaminantes podem se propagar por essas vias, e alterar suas características naturais ou qualidades e determinar impactos negativos ou riscos na própria área ou nos seus arredores (CETESB, 2005).

O Estado de São Paulo, por intermédio da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), possui um sistema organizado de gerenciamento de áreas contaminadas e está estruturado para enfrentar os problemas causados nessas áreas, no sentido de identificar e remediar, selecionar as áreas importantes, criar instrumentos para financiar a investigação e a remediação e apoiar ações para revitalização de áreas abandonadas (CETESB, 2005). São utilizadas como ferramentas para o desenvolvimento das investigações confirmatórias e detalhadas os valores orientadores de intervenção para solo e água subterrânea (CETESB, 2014) e as planilhas para risco à saúde humana (CETESB, 2013), para que se possa projetar e conceber a remediação de determinado local considerado contaminado e com potencial risco à saúde da população.

1.2. Definição de Poço de Captação de Água Subterrânea

A utilização de fontes alternativas de abastecimento por meio da captação de água subterrânea é realizada normalmente em locais onde há ausência de abastecimento público ou necessidade de consumo em grande escala, como por exemplo, para fins industriais, agrícolas, hotelaria e condomínios residenciais ou onde a disponibilidade de recursos hídricos superficiais é escassa ou indisponível.

A escolha do tipo de obra para captação do recurso hídrico subterrânea depende do tipo e da potencialidade do aquífero existente no local. Os poços de captação podem ser instalados de duas formas (IRITANI e EZAKI, 2008):

- Poço cacimba: popularmente conhecido como “caipira” ou “amazonas” é utilizado para extrair água subterrânea proveniente de lençol freático. É utilizado por pequenas propriedades, onde há ausência de rede pública de abastecimento;
- Poço tubular: é utilizado para extrair água subterrânea em grandes profundidades, com capacidade de produção superior ao poço cacimba. A profundidade do poço varia de acordo com o aquífero em que se pretende extrair o recurso hídrico, geralmente varia entre 100 e 400 metros de profundidade, podendo chegar até 2.000 metros, dependendo do aquífero que se pretende explorar.

Para a construção de poços tubulares e utilização da água subterrânea no Estado de São Paulo é necessário obter autorização do órgão responsável pela outorga de recursos hídricos o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e estar cadastrado no Centro de Vigilância Sanitária (CVS).

1.3. Definição de Risco à Saúde Humana

Vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo de combustível configuram hoje um dos maiores problemas de contaminação ambiental urbana. Nos Estados Unidos, Canadá e em países europeus, técnicas de avaliação de risco têm sido amplamente utilizadas para quantificar a possibilidade de efeitos adversos à saúde humana, causados por estes vazamentos (MAXIMIANO, 2001).

A avaliação de risco é uma ferramenta utilizada para estimar a probabilidade de efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente que uma substância química pode causar em determinadas situações, bem como o auxílio na tomada de decisões, elaboração de ações e metas de remediação e gerenciamento de áreas contaminadas.

A metodologia de avaliação de risco baseia-se nos princípios de toxicologia e no conhecimento das propriedades físico-químicas e comportamento ambiental dos contaminantes ou substâncias químicas de interesse.

De acordo com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001), a base inicial de dados para execução de uma avaliação de risco é constituída pelas informações coletadas na etapa de investigação ambiental

detalhada, e acrescida de novas informações sobre toxicologia das substâncias químicas quantificadas na área de estudo, bem como os cenários de uso e ocupação do solo e as variáveis de exposição para os receptores da área.

1.4. Aspectos Legais

1.4.2. Âmbito federal

A primeira legislação em âmbito nacional que apresenta ferramentas específicas para a gestão de Áreas Contaminadas é a Resolução CONAMA n° 420, de 28 de dezembro de 2009 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009) a qual dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias, em decorrência de atividades antrópicas.

As exigências apresentadas nessa resolução referem-se a aspectos básicos e necessários para a gestão de áreas contaminadas no Brasil, a saber: a geração e a disponibilização de informações; a articulação, a cooperação e integração interinstitucional entre os órgãos da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, os proprietários, os usuários e demais beneficiados ou afetados; a gradualidade na fixação de metas ambientais, como subsídio à definição de ações a serem cumpridas; a racionalidade e otimização de ações e custos; a responsabilização do causador pelo dano e suas consequências; e a comunicação de risco.

1.4.2 Âmbito estadual

Vários estados do Brasil têm demonstrado preocupações com o potencial de risco de contaminação ao meio ambiente decorrente de áreas contaminadas, e têm criado, ao longo dos últimos anos, instrumentos regulatórios para o controle de atividades com potencial de contaminação do solo e água subterrânea.

Os perigos ao meio ambiente e saúde pública são mais graves em grandes centros urbanos devido ao adensamento populacional e à quantidade de áreas suspeitas de contaminação, como por exemplo, as regiões metropolitanas. A solução parte dos órgãos com responsabilidade de atuar nas questões ambientais, mediante a

criação e a aplicação de instrumentos legais com o objetivo de reduzir os riscos ao meio ambiente decorrentes da existência das áreas contaminadas (CETESB, 2009).

No Estado de São Paulo a atribuição para a gestão de áreas contaminadas é de responsabilidade da CETESB, órgão público responsável pelas ações de controle ambiental.

A definição dos procedimentos para o licenciamento de postos de combustíveis no Estado de São Paulo teve início em meados de 2001, logo após a publicação da Resolução CONAMA n° 273/2000, aperfeiçoada pelas Resoluções n° 276/2001 e n° 319/2002.

As legislações citadas abaixo apresentam de forma sucinta a evolução do gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo. Algumas legislações, apesar de fazerem parte do contexto, não foram incluídas nesta compilação, pois fogem ao objetivo geral deste trabalho.

1.4.2.1 Leis

- Lei Estadual n° 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente.
- Lei Estadual n° 1.817, de 27 de outubro de 1978. Estabelece os objetivos e as diretrizes para o desenvolvimento industrial metropolitano e disciplina o zoneamento industrial, a localização, a classificação e o licenciamento de estabelecimentos industriais na Região Metropolitana da Grande São Paulo.
- Lei Estadual n° 9.472, de 30 de dezembro de 1996, alterada pela Lei Estadual n° 9.999/1998. Estabelece as diretrizes para a ocupação de Zonas de Uso Predominantemente Industrial pelos usos residencial, comercial, serviços e institucional.
- Lei Estadual n° 9.509, de 20 de março de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.
- Lei Estadual n° 13.577, de 8 de julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.

1.4.2.2. Decretos

- Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997/1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Proíbe o lançamento ou liberação de poluentes na água, no ar e no solo.
- Decreto Estadual nº 47.397, de 4 de dezembro de 2002. Dá nova redação ao Título V e ao Anexo 5 e acrescenta os Anexos 9 e 10, ao Regulamento da Lei nº 997/1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468/1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.
- Decreto Estadual nº 47.400, de 4 de dezembro de 2002. Regulamenta dispositivos da Lei Estadual nº 9.509/1997, referentes ao licenciamento ambiental, estabelece prazos de validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e condições para sua renovação, estabelece prazo de análise dos requerimentos e licenciamento ambiental, institui procedimento obrigatório de notificação de suspensão ou encerramento de atividade, e o recolhimento de valor referente ao preço de análise.
- Decreto Estadual nº 54.444, de 8 de julho de 2009. Regulamenta o inciso XIII do artigo 4º e o inciso VIII do artigo 31 da Lei nº 13.577/2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas.
- Decreto Estadual nº 59.263, de 05 de junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas.

1.4.2.3 Resoluções

- Resolução SMA³ nº 5, de 28 de março de 2001. Dispõe sobre a aplicação e o licenciamento ambiental das fontes de poluição a que se refere a Resolução CONAMA nº 273/2000. A SMA estabelece a competência da CETESB para a aplicação e fiscalização do disposto na Resolução CONAMA nº 273/2000.

³ *Secretaria de Estado do Meio Ambiente*

1.4.2.4 Decisões de Diretoria

- Decisão de Diretoria CETESB 007-2000-C-E, de 18 de janeiro de 2000. Aprova a implantação de procedimentos a serem adotados pela CETESB em episódios envolvendo contaminações por combustível decorrentes de vazamento em postos de serviços e outros empreendimentos que usam Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível (SASC).
- Decisão de Diretoria CETESB 023-2000-C-E, de 15 de junho de 2000. Aprova a implantação de procedimento para a atuação em áreas contaminadas, tendo como base o documento intitulado “Procedimentos para Gerenciamento de Áreas Contaminadas”.
- Decisão de Diretoria CETESB 002-2001-C, de 19 de abril de 2001. Aprova os procedimentos propostos para o licenciamento ambiental de postos e sistemas retalhistas de combustíveis;
- Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, publicado pela CETESB em 2001. Apresenta a primeira lista de valores orientadores para o solo e águas subterrâneas do Estado de São Paulo.
- Decisão de Diretoria CETESB 011-2002-C, de 29 de maio de 2002. Aprova procedimentos para o licenciamento ambiental de postos e sistema retalhista de combustíveis em operação por ocasião da publicação das Resoluções CONAMA n° 273/00 e SMA n° 05/01.
- Decisão de Diretoria CETESB 002-2003-C, de 07 de fevereiro de 2003. Prorroga o prazo para licenciamento dos postos de combustíveis que já estavam em operação quando da publicação das Resoluções CONAMA n° 273/2000 e SMA n° 05/2001.
- Decisão de Diretoria CETESB n° 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.
- Decisão de Diretoria CETESB 010-2006-C, de 26 de janeiro de 2006. Dispõe sobre os novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências. Apresenta no Anexo VII as “Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos – Procedimentos”. Substitui as Decisões de Diretoria CETESB n° 002-2001-C e n° 011-2002-C.

- Decisão de Diretoria CETESB 103-2007-C-E, de 22 de junho de 2007. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas.
- Decisão de Diretoria CETESB 263-2009-P, de 20 de outubro de 2009. Dispõe sobre a aprovação do Roteiro para Execução de Investigação Detalhada e Elaboração de Plano de Intervenção em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis.
- Decisão de Diretoria CETESB nº 045-2014-C-E-I, de 20 de fevereiro de 2014. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014, em substituição aos Valores Orientadores de 2005 e dá outras providências.

1.4.3 Âmbito municipal

1.4.3.1 Leis

- Lei Municipal nº 13.546, de 4 de abril de 2003, dispõe sobre a aprovação de parcelamento de solo, edificação ou instalação de equipamentos em terrenos contaminados ou suspeitos de contaminação por materiais nocivos ao meio ambiente e à saúde pública, e dá outras providências.
- Lei Municipal nº 13.885, de 25 de agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo.
- Lei Municipal nº 15.098, de 5 de janeiro de 2010. Obriga o Poder Executivo Municipal a publicar na Imprensa Oficial ou disponibilizar no site oficial da Prefeitura Relatório das Áreas Contaminadas do Município de São Paulo.

1.4.3.2 Decretos

- Decreto Municipal nº 42.319, de 30 de janeiro de 2002, dispõe diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas.
- Decreto Municipal nº 51.436, de 26 de abril de 2010. Regulamenta a Lei Municipal nº 15.098, de 5 de janeiro de 2010.

1.5. Potencial de Poluição do Solo e das Águas

Entende-se por poluição a presença, o lançamento ou a liberação no ambiente (água, ar ou solo) de toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, quantidade ou características em desacordo com os padrões de qualidade ambientais estabelecidos, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde (Lei Estadual nº 997, de 31/05/1976).

Neste contexto, segundo alguns autores (OLIVEIRA e LOUREIRO, 1998; MAXIMIANO, 2001; MORAIS, 2006; GOUVEIA e NARDOCCI, 2007; SANCHES, 2009; CETESB, 2012a), os postos de combustíveis são considerados como fontes potenciais de poluição, em função do risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, durante o processo de armazenamento e distribuição de derivados de petróleo. Sendo assim, para a construção de postos de combustíveis é preciso realizar estudos geológicos e hidrogeológicos, para se conhecer o potencial de risco de contaminação de solos e águas subterrâneas (MORAIS, 2006).

1.5.1 Padrão de potabilidade da água para consumo humano

Ao longo do tempo, a humanidade vem se defrontando com vários problemas globais, dentre eles os ambientais, que vêm adquirindo especial importância, em função do aumento das demandas por causa do impacto do crescimento acelerado da população e maior uso dos recursos naturais, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna (REBOUÇAS *et. al.*, 2002).

REBOUÇAS *et. al.* (2002) alertam que a qualidade das águas da Terra (rios, lagos naturais e represas, em particular), dos ecossistemas e da vida, vem sendo degradada, quantitativa e qualitativamente, e esse processo pode ser irreversível nas áreas mais densamente povoadas dos países emergentes.

SANTOS (2005) cita que todos os fenômenos e situações que afetam a qualidade das águas são avaliados por meio de indicadores específicos, e cada nível de qualidade é preservado e protegido por padrões que vêm a ser os teores máximos estabelecidos para cada indicador em legislação. Assim, os padrões de qualidade garantem o conjunto de usos destinados a cada nível de qualidade da água.

Ainda de acordo com SANTOS (2005), cada parâmetro analisado na água apresenta um significado sanitário que deve ser considerado. São eles, os principais fatores de comparação da melhoria, da estabilidade ou piora na qualidade da água. Consequentemente, os resultados das análises ambientais são importantes

indicadores no processo de controle e prevenção ambiental, tendo grande relevância nos programas de gestão ambiental modernos, balizados por meio de instrumentos regulatórios.

A estreita relação existente entre a qualidade da água e a saúde, evidencia a necessidade do poder público em estabelecer padrões e regulamentar as considerações de utilização da água em função de sua qualidade. No Brasil, as referências que asseguram a qualidade da água para consumo humano são estabelecidas pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Esta Portaria é um instrumento para o exercício da vigilância e do controle da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade. Nela são estabelecidos procedimentos e responsabilidades, com vistas à garantia da prevenção de doenças e promoção da saúde da população.

Os padrões de qualidade da água para consumo estabelecidos nesta Portaria referem-se às concentrações das substâncias consideradas aceitáveis e seguras à saúde da população e são definidas por meio de previsões de modelos matemáticos, considerando as características gerais da população e as informações toxicológicas das substâncias químicas de interesse disponíveis (UMBUZEIRO, 2012).

Segundo UMBUZEIRO *et al* (2010) o Brasil vem utilizando critérios definidos por agências internacionais tal como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e por agências ambientais de outros países especialmente Canadá e Estados Unidos da América, para o estabelecimento dos padrões de qualidade para consumo humano.

Os agentes químicos para os quais se estabelecem critérios de qualidade de água são aqueles que têm probabilidade de ocorrência no país ou região e são capazes de causar efeitos adversos ou desconforto aos seres vivos. Esses agentes podem estar presentes na água devido a características geológicas (naturais), ou por fontes de contaminação antropogênicas. No caso específico da água para abastecimento público, o valor máximo permitido (VMP) pode ser definido como o nível máximo de um contaminante presente na água destinada a consumo humano (UMBUZEIRO *et al*, 2010; 2012). A **Tabela 1** apresenta os valores máximos permitidos em água para consumo humano em relação aos principais compostos químicos da gasolina (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos – BTEX).

Tabela 1 - Valores máximos permitidos para BTEX em água de abastecimento

Composto	VMP (µg/L)
Benzeno	5
Etilbenzeno	200 ¹
Tolueno	170 ¹
Xileno	300 ¹

Legenda:

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2011)

¹ Padrão organoléptico

VMP – Valor Máximo Permitido

1.6 A Contaminação em Postos de Combustíveis e os Efeitos à Saúde Pública

1.6.1 A concepção de postos de combustíveis em meios urbanos

Nos últimos anos o número de postos de combustíveis vem aumentando no Brasil e no Estado de São Paulo. Esta mudança no mercado deve-se principalmente à Lei Federal nº 9.478, de 06 de agosto de 1997, que regulamentou a abertura do setor de petróleo e de combustíveis, e ao Decreto Federal nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998, que extinguiu o Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) e instalou em seu lugar a ANP, a qual promoveu uma ampla abertura do mercado, que possibilitou o surgimento de novas distribuidoras, postos com bandeira branca (sem vínculo com uma distribuidora específica) e um significativo aumento no número de postos de serviços em todo o Brasil. Tal aumento, segundo MAXIMIANO (2001), pode somente ser comparado ao registrado em meados da década de 1970, quando da implementação do programa nacional do álcool (PRÓ-ÁLCOOL).

Em 11 de março de 2014 foi publicada no Diário Oficial a existência de 8.463 postos ativos no Estado de São Paulo (SILVEIRA, 2014). No município de São Paulo, de acordo com pesquisa realizada no banco de dados⁴ *on line* da ANP, é possível verificar a existência de 1.941 postos revendedores de gasolina. Em 2012 a CETESB (2012a) publicou a existência de 3.510 postos de combustíveis contaminados no Estado de São Paulo e 1.239 postos de combustíveis contaminados no município de São Paulo.

⁴ Pesquisa realizada no Banco de Dados *on line* da ANP em 30/03/2014.

Segundo MAXIMIANO (2001), em paralelo ao rearranjo do mercado de combustíveis é verificado um aumento no registro de ocorrências de vazamentos em postos de serviço, devido ao desgaste dos equipamentos instalados e ao aumento da conscientização da população e das distribuidoras, o que possibilitou a identificação de um maior número de vazamentos e, conseqüentemente, uma ação mais efetiva dos órgãos ambientais estaduais. Em São Paulo, pode-se observar um aumento significativo nos casos acompanhados pela CETESB, em 2002 foram cadastrados 111 postos de combustíveis e em 2012 o número aumentou para 1.239 (CETESB, 2012a)

Nos acidentes envolvendo gasolina, a principal preocupação é a explosividade, seguido da contaminação dos aquíferos utilizados como fonte de abastecimento para o consumo humano. O contato da gasolina com a água subterrânea faz com que esta se dissolva parcialmente, liberando constituintes da gasolina para o ambiente. Esses compostos apresentam alta solubilidade em água e conseqüentemente maior capacidade de movimentação pelo meio. No Brasil é permitida a adição de etanol em gasolina, contudo este procedimento é considerado um fator que potencializa a contaminação dos aquíferos proporcionando um aumento da dissolução do BTEX na água subterrânea (MAXIMIANO, 2001; PEDROZO *et al*, 2002, THOMAS, 2004; SZKLO e ULLER, 2008; FINOTTI *et al*, 2009).

1.6.2 Composição da gasolina

A gasolina é uma mistura complexa de centenas de hidrocarbonetos (parafinas, oleofinas, compostos cíclicos e aromáticos) e produzida para atender especificações e regulamentações locais (SZKLO e ULLER, 2008).

Combustíveis derivados de petróleo, como gasolina, diesel e querosene são obtidos a partir da destilação do óleo cru, sendo separados de acordo com seu grau de volatilização. Estes combustíveis são formados por uma grande variedade de hidrocarbonetos, cuja composição específica varia com o tipo de produto (gasolina, óleo diesel, etc.). Entretanto, esta composição não é exata, podendo variar com o tipo de óleo cru original, processo e época de refinamento e aditivos utilizados para melhorar sua performance (MIHELIC, 1990; BARKER *et al*, 1990; OLIVEIRA, 1997; CORSEUIL, *et al*, 1997; THOMAS, 2004; SZKLO e ULLER, 2008). A gasolina é composta principalmente por carbonos entre C5 a C10, como alcanos, alcenos, monoaromáticos solúveis em água e aditivos (FETTER, 1994; KEENAN *et al*, 2010).

Os constituintes da gasolina podem ser divididos em três categorias: parafinas, aromáticos e oleofinas. As parafinas são as mais abundantes, correspondem a 66% da gasolina, os compostos aromáticos correspondem a 25% e são considerados os componentes mais tóxicos, e por último estão as oleofinas, grupo menos abundante (USEPA, 1992; KEENAN *et al*, 2010).

O BTEX representa 8,7% da formulação da gasolina comercializada no Brasil, sendo 0,8% de benzeno, 2,5% de tolueno, 0,8% de etilbenzeno, 3,4% de (m+p)-xilenos e 1,2% de o-xileno (NANNI, 2003), por estes produtos serem considerados tóxicos à saúde humana e ao ecossistema (USEPA, 1992; KEENAN *et al*, 2010) faz-se necessário o estudo de suas propriedades físicas e químicas.

Para o presente estudo optou-se por detalhar aspectos que envolvem a gasolina, já que este combustível está presente em todos os postos de abastecimento de combustível, estando sujeitos a vazamentos no subsolo. A **Tabela 2** apresenta os compostos orgânicos encontrados na gasolina que serão abordados nesta pesquisa, a fórmula química e suas respectivas identificações no registro do banco de dados do *Chemical Abstracts Service* (CAS), divisão da *Chemical American Society*.

Tabela 2 - Compostos químicos orgânicos presentes na gasolina

Composto	Fórmula química	Número CAS ¹
Benzeno	C ₆ H ₆	71-43-2
Tolueno	C ₇ H ₈	108-88-3
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	100-41-4
Xilenos	C ₈ H ₁₀	1330-20-7

Legenda:

¹CAS – *Chemical Abstract Service*

1.6.3 Possíveis danos à saúde da população exposta

Estudos (RAABE, 1993; FETTER, 1994; PARKE, 1996; HARRISON *et al*, 1999; MAXIMIANO, 2001; JURAS, 2005; KEENAN, *et al*, 2010) têm abordado os efeitos da gasolina na saúde humana e no meio ambiente, principalmente devido a presença de hidrocarbonetos, como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos. Devido a toxicidade destes hidrocarbonetos, em países europeus, desde 2000, o teor de aromáticos está limitado a no máximo, 42% do volume, em 2005 foi restrito a 35% do volume. Para o benzeno, o teor máximo está limitado a 1,0% do volume, desde 2000 (JURAS, 2005). No Brasil, as especificações para a comercialização da

gasolina automotiva estão estabelecidas na Portaria da ANP nº 40, de 25 de outubro de 2013 e no Regulamento Técnico ANP nº 3/2013. Por essas normas, são estabelecidos, entre outros, os seguintes teores máximos na gasolina Tipo C (disponível ao consumidor final) comum: 1,0% do volume de benzeno, 25% do volume de hidrocarbonetos olefínicos, e 35% do volume de hidrocarbonetos aromáticos.

Várias organizações desenvolveram sistemas de classificação baseados na toxicidade das substâncias químicas, como causadoras de efeitos carcinogênicos ou não. Os sistemas de classificação desenvolvidos pela *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) e pela *International Agency for Cancer Research* (IARC) estão descritos na **Tabela 3**. Nesta tabela também é apresentado o sistema de classificação da CETESB.

Tabela 3 - Sistemas de classificação para substâncias químicas

IARC ¹	US EPA ²	CETESB ³	Descrição
Grupo 1	Grupo A	C	Carcinogênico humano
Grupo 2A	Grupo B	...	Provável carcinogênico humano
...	Grupo B1	...	Evidências limitadas para seres humanos
...	Grupo B2	...	Evidências inadequadas para seres humanos, evidências suficientes para animais
Grupo 2B	Grupo C	...	Possível carcinogênico humano
Grupo 3	Grupo D	NC	Não classificado como carcinogênico humano
Grupo 4	Grupo E	...	Provavelmente não carcinogênico para humanos

Legenda:

¹ IARC (2015)

² IRIS (2014)

³ CETESB (2013)

A classificação quanto ao tipo de efeito do BTEX é apresentada na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Classificações quanto ao tipo de efeito do BTEX

Composto	US EPA ¹	IARC ²	CETESB ³	Classificado como Carcinogênico
Benzeno	Grupo A	Grupo 1	C	Sim
Tolueno	Grupo D	Grupo 3	NC	Não
Etilbenzeno	Grupo D	Grupo 2B	C	Sim
Xilenos	Grupo D	Grupo 3	NC	Não

Legenda:¹ IRIS (2015)² IARC (2013)³ CETESB (2013)

C – Carcinogênico

NC – Não carcinogênico

Os principais efeitos à saúde humana causados pelo BTEX, de acordo com *Integrated Risk Information System*⁵ em resumo são:

- Benzeno: carcinogênico, podendo causar leucemia, tumores na cavidade oral, glândulas mamárias, ovários, pulmão e efeitos no sistema nervoso central;
- Tolueno: efeitos no sistema nervoso central e danos ao funcionamento do fígado e nos rins;
- Etilbenzeno: lesões pulmonares, efeitos no fígado e nos rins; e,
- Xilenos: prejudica a coordenação motora.

1.6.3.1 Toxicologia dos principais constituintes da gasolina

As propriedades físicas e químicas de um composto determinam como este interage com o meio, influenciando diretamente em sua mobilidade, degradação e possibilidade de remoção do meio impactado. Apesar das propriedades físicas e químicas já possuírem valores obtidos em testes de campo e laboratório, elas são muito sensíveis ao tipo e composição do combustível, ao meio onde ocorreu o vazamento e às condições ambientais (ASTM, 1998).

Neste contexto, diversos autores como ASTM (1995), ASTM (1998), MAXIMIANO (2001), apresentam as propriedades físicas e químicas dos hidrocarbonetos de petróleo, importantes na execução de atividades voltadas para a caracterização, remediação, monitoramento, avaliação de risco e estabelecimento de padrões em áreas afetadas por vazamentos em postos de combustíveis.

⁵ Pesquisa realizada em Banco de Dados *on line* em 16/11/2013

O gerenciamento destas questões é de extrema importância, e o acesso à informação é cada vez mais necessário. Considerando que a exposição ao BTEX pode causar efeitos adversos aos seres humanos e à biota, os itens abaixo apresentam as principais características toxicológicas do BTEX, considerando principalmente o contato com o BTEX via ingestão de água contaminada.

A) Características toxicológicas do benzeno

O benzeno (CAS n° 71-43-2) de fórmula química C_6H_6 , também chamado de benzol, ciclohexatrieno, hidreto de fenila e nafta de carvão, é um líquido incolor, volátil e inflamável (CETESB, 2012 b) que possui as seguintes características físicas:

- Peso molecular: 78,11 g/mol;
- Pressão de vapor: 0,125 atm;
- Ponto de ebulição: 80,1 °C;
- Densidade: 0,8765 mg/L;
- Solubilidade em água: 1.780 mg/L.

Os mecanismos de ação tóxica do benzeno ainda não estão totalmente esclarecidos, evidências indicam que seus efeitos estão relacionados com a sua biotransformação, sendo seus principais metabólitos: fenol, catecol, muconaldeído e hidroquinona (RAABE, 1993; PARKE, 1996; PEDROZO *et al*, 2002).

A distribuição do benzeno ocorre de forma rápida no organismo, predominando no tecido gorduroso e na medula óssea. Sua vida média varia de 0,9 a 2,6 horas dentro do organismo, sendo menor nos tecidos mais vascularizados (PEDROZO *et al*, 2002).

O benzeno é absorvido via ingestão, inalação e contato dérmico. Diversos estudos são realizados considerando a exposição ao benzeno, sendo relatada a inalação como a principal delas (ARCURI *et al*, 2012).

Dados experimentais indicam que animais absorvem quantidades superiores a 90% da dose oral ministrada (SABOURIN *et al.*, 1987). Coelhos que receberam doses ente 340-500 mg/kg por via oral de benzeno absorveram pelo menos 90% da dose e ratos que receberam doses entre 0,5-150 mg/kg absorveram mais de 97% da dose (SABOURIN *et al.*, 1987).

SROBOVA *et al.* (1950 *apud* PERBELLINI *et al.*, 1988) relata em sua pesquisa que os seres humanos podem reter de 47 a 50% do benzeno inalado nas vias pulmonares. A autópsia de um jovem que morreu ao inalar benzeno revelou que o composto havia se distribuído na urina, no estômago, na bile, no fígado, na gordura abdominal e no cérebro (WINEK e COLLOM, 1971 *apud* USEPA, 2009). Em animais a distribuição do benzeno é similar, incluindo o feto e a placenta, os ossos e as cavidades nasais e orais (GHANTOUS e DANIELSSON, 1986 *apud* USEPA, 2009; RICKERT *et al.*, 1979; LOW *et al.*, 1989).

Com relação aos efeitos subcrônicos e crônicos pela ingestão oral em seres humanos não foram encontradas referências nas bases de dados consultadas nesta pesquisa.

Exposições de seres humanos a altas concentrações de benzeno levam à degeneração progressiva da medula óssea, anemia aplástica, leucemia, além de alterações imunológicas (PARKE, 1996; PEDROZO *et al.*, 2002; RAABE, 1993; JURAS, 2005). A maioria dos estudos desenvolvidos relacionam os efeitos do benzeno a exposição ocupacional, com atendentes de postos de combustível, mecânicos, trabalhadores envolvidos na produção e transporte da gasolina (KEENAN *et al.*, 2010). HARRISON *et al.* (1999) analisa a incidência de leucemia em crianças que residem próximas a rodovias ou a postos de combustível, os resultados indicaram que as crianças que residem em até 100 metros destes locais possuem uma probabilidade maior de adquirir leucemia pela inalação de compostos da gasolina, incluindo o benzeno. Os autores destacam também a importância do desenvolvimento de mais estudos e pesquisas para estes receptores.

Independente da via de absorção, a eliminação completa dos produtos metabolizados do benzeno ocorre em 40 horas após a exposição. Já a excreção do benzeno não metabolizado após exposição única ocorre em três fases distintas (PEDROZO *et al.*, 2002):

- A primeira fase corresponde à eliminação do solvente presente nos pulmões e no sangue, com meia-vida de 90 minutos;
- A segunda representando a eliminação do benzeno nos tecidos moles e ocorrendo de 3 a 7 horas após a exposição;
- A terceira, com meia-vida de 25 horas, correspondendo ao solvente depositado no tecido adiposo.

Entre 3,8 a 27,8% do benzeno absorvido pode ser excretado pelo ar exalado e cerca de 5 a 10% da dose administrada a animais é excretada pelas fezes e urina (PEDROZO *et al.*, 2002; SABOURIN *et al.*, 1987; PERBELINI *et al.*, 1988).

B) Características toxicológicas do tolueno

O tolueno (CAS n° 108-88-3) de fórmula química C_7H_8 , também chamado de toluol, metilbenzeno, metilbenzol, fenilmetano, é um líquido incolor e com odor aromático. Na forma pura contém traços de benzeno como impureza (menos que 0,01%), já o produto comercial pode conter até 25% de benzeno (CETESB, 2012 c). As seguintes características físicas são atribuídas ao tolueno:

- Peso molecular: 92,13 g/mol;
- Pressão de vapor: 0,0375 atm;
- Ponto de ebulição: 110,69 °C;
- Densidade: 0,8669 mg/L;
- Solubilidade em água: 515 mg/L.

A permanência do tolueno em organismos humanos deve ser considerada na avaliação de seus efeitos tóxicos, incluindo, principalmente a exposição ocupacional. Entre 70% e 80% do tolueno absorvido é biotransformado para posterior excreção. Os produtos metabólicos do tolueno são o cresol (menos de 1%) e o benzealdeído, que depois de metabolizado é transformado em ácido hipúrico (PURCELL *et al*, 1990; FOSTER *et al*, 1994).

O tolueno é absorvido via ingestão, inalação e contato dérmico. Diversos estudos são realizados considerando a exposição ao tolueno, sendo relatada a inalação como a principal delas (PURCELL *et al*, 1990; FOSTER *et al*, 1994; JURAS, 2005).

A distribuição do tolueno no organismo é predominante em tecido gorduroso com meia vida variando de 0,5 a 3,2 dias (PEDROZO *et al*, 2002) e em tecidos altamente vascularizados após a absorção, contudo são encontradas concentrações 80 vezes maiores nos tecidos gordurosos do que no sangue. Esses tecidos incluem o cérebro, a medula óssea, o fígado, os rins e os tecidos nervosos (AMENO *et al*, 1989; NTP, 1990; FOSTER *et al*, 1994; WHO, 2004).

Foram ministradas doses subcrônicas via inalação (2.500 ppm) de tolueno em animais, os resultados indicaram o aumento do peso do fígado e dos rins em ratos e camundongos e o aumento do peso do coração e pulmão e a hipertrofia do fígado em ratos. Ao ministrar doses crônicas (600 a 1.200 ppm durante 2 anos) por inalação foi verificada a degeneração do sistema respiratório em ratos (NTP, 1990).

As doses para efeito subcronico via oral de tolueno são entre 312 e 5.000 mg/kg/dia, produzindo efeitos clínicos neurológicos significativos em rato acima de 2.500 mg/kg (NTP, 1990).

A intoxicação aguda pelo tolueno pode afetar aspectos neurológicos, caracterizado por euforia, instabilidade emocional e motora, e alterações da linguagem, que aparecem horas após a exposição, seguidas por um quadro de sonolência e comprometimento das funções motoras e intelectuais, especialmente da memória (NTP, 1990; CARLINI *et al*, 1988).

Exposições ao tolueno em torno de 500 a 800 ppm, por oito horas consecutivas, podem induzir euforia, excitação, cefaléia, náuseas, até efeitos que podem persistir por alguns dias, como insônia e fadiga muscular (CARLINI *et al*, 1988).

Exposições entre 5.000 a 30.000 ppm, podem levar a um quadro neurológico de desorientação, alucinações, perda de coordenação motora, tremores, convulsões e inconsciência em poucos minutos, podendo chegar até ao coma (PEDROZO *et al.*, 2002; NTP, 1990, CARLINI *et al.*, 1988).

CAPRON *et al* (2009) avaliou as concentrações de tolueno no sangue de seis motoristas intoxicados por tolueno nos Estados Unidos. As concentrações obtidas variaram entre 12 a 45 mg/L, e os sintomas neurológicos apresentados foram desequilíbrio, desorientação e confusão mental, além do aumento da pressão arterial e baixa temperatura corporal. O estudo aponta que com concentrações acima de 10 mg/L no sangue o indivíduo sofre influência das habilidades motoras.

Da mesma forma como o desenvolvimento do câncer, o tolueno também não está relacionado com efeitos teratogênicos em humanos (GOODWIN, 1988; WHO, 2004). Estudos com animais, onde foram administradas doses de tolueno via inalação, indicaram o retardo no crescimento do esqueleto de ratos, porém sem má formação fetal (COURTNEY *et al.*, 1986; WHO, 2004).

Uma pesquisa realizada com trabalhadoras expostas a concentrações entre 50 e 150 ppm de tolueno por inalação foram comparadas com outras da mesma indústria expostas até 25 ppm, os resultados indicaram que não há correlação direta entre a exposição ao tolueno e disfunções hemorrágicas uterinas (NG *et al.*, 1992).

Estudos indicam que 75% do tolueno inalado é metabolizado a ácido hipúrico e excretado pela urina em até 24 horas após a exposição e de 7 a 20% são excretados inalterados pelo ar pela via pulmonar ou pela pele dependendo da dose (FOSTER *et al.*, 1994; USEPA, 1990).

C) Características toxicológicas do etilbenzeno

O etilbenzeno (CAS n° 100-41-4) de fórmula química C_8H_{10} , também chamado de feniletano e etilbenzol, é um líquido incolor, inflamável e com odor semelhante ao da gasolina (CETESB, 2012 d). As seguintes características físicas são atribuídas ao etilbenzeno:

- Peso molecular: 106,2 g/mol;
- Pressão de vapor: 0,0125 atm;
- Ponto de ebulição: 136,2 °C;
- Densidade: 0,867 mg/L;
- Solubilidade em água: 152 mg/L.

O etilbenzeno é considerado uma substância com potencial carcinogênico para animais e com evidências não conclusivas ou inadequadas para o homem (NTP, 1992; NTP, 1999; CANTOX, 2004; KEENAN, 2010).

Nos bancos de dados consultados não foram observadas informações epidemiológicas sobre o potencial carcinogênico do etilbenzeno em humanos após a exposição oral ou por inalação. MALTONI *et al.* (1985 *apud* NTP, 1992) observa em sua pesquisa um aumento significativo no total de tumores malignos em ratos fêmeas que receberam doses por via oral com etilbenzeno.

O etilbenzeno é absorvido via ingestão, inalação e contato dérmico, e distribuído no tecido adiposo, fígado, rim, medula óssea e tecido nervoso (NTP, 1999). Diversos estudos são realizados considerando a exposição ao etilbenzeno, sendo relatada a inalação como a principal delas (FISHBEIN, 1985, NTP, 1992).

Alguns estudos relatam que o composto pode atravessar a placenta, sendo considerado embriotóxico e teratogênico (NTP, 1999), contudo a compilação bibliográfica realizada por CANTOX (2004) indica a ausência de efeitos teratogênicos ou tóxicos em fetos animais, bem como a ausência de efeitos no sistema reprodutor após a exposição ao etilbenzeno.

De acordo com o Programa Nacional de Toxicologia Americano - *National Toxicology Program* - NTP (1992) entre 49 e 64% da dose inalada de etilbenzeno é retida em humanos enquanto em ratos, segundo CHIN *et al.* (1980 *apud* NTP, 1992), a retenção é na ordem de 44%. Ratos fêmeas que receberam por via oral 408 ou 680 mg/kg/dia, 5 dias por semana durante 6 meses apresentaram aumentos nos pesos de

fígado e rim devido ao inchaço nas células destes órgãos. Em doses inferiores, 13,6 e 136 mg/kg/dia, não foram observados efeitos adversos nos ratos fêmeas (WOLF *et al.*, 1956 *apud* NTP, 1992). Estudos desenvolvidos com animais também relatam o aumento de peso e alterações histopatológicas no fígado e rins de ratos (NTP, 1992; NTP, 1999; USEPA, 1996).

Os estudos realizados com seres humanos e mamíferos demonstraram que o etilbenzeno é biotransformado no fígado, sendo os principais produtos formados o ácido mandélico e o fenilglioxílico (NTP, 1992; NTP, 1999; CANTOX, 2004).

Exposições agudas ao etilbenzeno podem causar danos ao sistema nervoso central, desconforto gástrico e vômito (NTP, 1999; CANTOX, 2004).

Em ratos expostos a 1000 mg/m³ de etilbenzeno, durante 6 horas foi verificado que cerca de 83% da dose absorvida foi excretada na urina, 8% em gases expirados, e 0,7% nas fezes (CHIN *et al.* 1980 *apud* NTP, 1992). Após a ingestão de 30 mg/kg em dose única, 80% de etilbenzeno foi excretado na urina no primeiro dia em rato (CLIMIE *et al.* 1983 *apud* NTP, 1992). Estudos verificam que a principal via de excreção do etilbenzeno em ratos é pela urina (NTP, 1992; CANTOX, 2004).

A excreção urinária do ácido mandélico, principal produto de biotransformação do etilbenzeno, ocorre de forma bifásica. A primeira fase é rápida, com meia-vida de 3,1 horas, e a segunda, lenta, com meia-vida de 25 horas. Após a exposição por via dérmica, entretanto, a excreção de ácido mandélico foi equivalente a somente 4,6% da dose absorvida, o que indica as diferenças metabólicas dependendo da via de introdução (DUTKIEWICZ e TYRAS, 1967).

D) Características toxicológicas dos xilenos

Os xilenos (CAS n° 1330-20-7) de fórmula química C₈H₁₀ são formados pela somatória dos isômeros m-xileno (CAS n° 108-38-3), p-xileno (CAS n° 106-42-3) e o-xileno (CAS n° 95-47-6). Comercialmente, o xileno contém 20% de o-xileno, 40% de m-xileno e 20% do p-xileno e pode também ser chamado de xilol, misturas de orto, meta e para xilenos, xilenos mistos e dimetilbenzeno (JURAS, 2005). Os três isômeros do xileno são usados individualmente como matéria-prima em processos industriais e na composição da gasolina (CETESB, 2012e). As seguintes características físicas são atribuídas aos isômeros do xileno:

- Peso molecular:
 - o-xileno, m-xileno e p-xileno: 106,2 g/mol;

- Pressão de vapor:
 - o-xileno: 0,0115 atm;
 - m-xileno: 0,0109 atm;
 - p-xileno: 0,0115 atm;
- Ponto de ebulição:
 - o-xileno: 144 °C;
 - m-xileno: 139 °C;
 - p-xileno: 138 °C;
- Densidade:
 - o-xileno: 0,8802 mg/L;
 - m-xileno: 0,8842 mg/L;
 - p-xileno: 0,8611 mg/L;
- Solubilidade em água:
 - o-xileno: 220 mg/L;
 - m-xileno: 160 mg/L;
 - p-xileno: 215 mg/L.

Os xilenos são absorvidos principalmente pela inalação (NTP, 1986; USEPA, 2003). Após a absorção, ocorre o metabolismo no fígado, no entanto, o composto é distribuído por todo o corpo, com maior afinidade nos tecidos ricos em lipídios, como o adiposo ou o cérebro (USEPA, 2003). Os xilenos são metabolizados por oxidação formando os compostos correspondentes ácidos orto, meta ou para-toluico, dando origem ao seu principal metabólito, o ácido metilipúrico (LEITE, 1996). A eliminação após o ingresso no organismo é rápida e ocorre principalmente pela urina, pela forma predominante do ácido metilipúrico (LEITE, 1996; USEPA, 2003).

A NTP (1986) realizou um estudo relacionado com a ingestão oral de xilenos. A pesquisa foi realizada em ratos e camundongos, machos e fêmeas durante dois anos (103 semanas), considerando a ingestão da mistura comercial composta por 60% de m-xileno, 14% de p-xileno, 9% de o-xileno e 17% de etilbenzeno. Os resultados obtidos indicaram a diminuição do peso corporal e taxa de sobrevivência em animais do sexo masculino que ingeriram 500 mg/kg-dia, durante 103 semanas. Durante o estudo não foram registradas observações do comportamento dos ratos que receberam as doses. Não houve evidência de carcinogenicidade em ratos machos ou fêmeas expostos a doses de até 500 mg/kg-dia. Em camundongos, o único efeito

observado foi a hiperatividade, que ocorreu em todos os camundongos, entre 5 e 30 minutos após a administração. Este efeito foi observado de forma consistente a partir da quarta semana de administração, e continuou até o término de estudo de 103 semanas.

A Agência de Substâncias Tóxicas e Registros de Doenças Americana - *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* - ATSDR (2007) realizou uma compilação bibliográfica de vários estudos relacionados com a toxicologia dos isômeros do xileno. Neste documento é apontado que as informações sobre os efeitos em seres humanos são limitados. RAGHEB *et al.* (1986 *apud* ATSDR, 2007), em exame realizado em um homem que cometeu suicídio ingerindo uma quantidade desconhecida de xileno, não apresentou efeitos no sistema cardiovascular e gastrointestinal. Com relação aos efeitos hematológicos, dermal, renal, endócrino, ocular e muscular em seres humanos, a ATSDR (2007) em sua pesquisa indica a inexistência de estudos relacionados com a ingestão via oral dos isômeros do xileno.

Estudos indicam, em suas revisões bibliográficas, a inexistência de pesquisas que apontem potencial teratogênico e mutagênico pela inalação ou ingestão com o xileno (NPT, 1986; USEPA, 2003; ATSDR, 2007).

CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi uma pesquisa descritiva, que utilizou como amostra um centro urbano. De acordo com as definições propostas por GIL (2002), a metodologia deste trabalho foi composta por pesquisas bibliográficas e pesquisas documentais:

- Pesquisa bibliográfica foi realizada em Bibliotecas Públicas (USP e CETESB) e em base de dados (LILACS⁶ e PUBMED⁷);
- Pesquisa documental foi realizada nos bancos de dados digitais disponibilizados por órgãos públicos (CETESB e DAEE).

Estudo adotou como modelo o município de São Paulo. Para obtenção dos resultados pretendidos foram elaborados mapas, os quais seguiram uma adaptação da metodologia proposta por L'APICCIRELLA *et al* (2009). Esta adaptação se deu principalmente devido às diferenças entre o tipo de contaminação e as características da área de estudo selecionada.

2.1. As Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo

A partir da década de 1950 devido ao crescimento populacional urbano no Brasil, foi verificada a necessidade de institucionalizar as Regiões Metropolitanas como forma de articular políticas específicas para a organização do espaço urbano. Em 1973 foi publicada a Lei Complementar Federal nº 14, de 8 de Junho, a qual institucionalizou as primeiras regiões metropolitanas do Brasil, região metropolitana da grande São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza.

O Estado de São Paulo atualmente possui cinco regiões Metropolitanas: Baixada Santista, São Paulo, Sorocaba, Campinas e Vale do Paraíba e Litoral Norte, sendo que 58,53% da população do Estado vivem nestas regiões, de acordo com os dados do Censo 2010 (EMPLASA, 2012; RIBEIRO, 2012).

⁶ *Literatura Latino-Americana e do Caribe (LILACS)*

⁷ *Literatura Internacional em Saúde (PubMed)*

2.1.1. A Região Metropolitana de São Paulo

Em 1988, a Constituição Federal transferiu aos Estados a prerrogativa de criação de novas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões por meio de leis complementares. Sendo assim, a Lei Complementar Estadual nº 1.139, de 16 de junho de 2011 reorganizou a Região Metropolitana da Grande São Paulo passando a denominá-la por Região Metropolitana de São Paulo, considerando os seguintes municípios no entorno do município de São Paulo:

- Norte: Caieiras, Cajamar, Franscico Morato, Franco da Rocha e Mairiporã;
- Leste: Arujá, Biritiba-Mirim, Ferraz de Vasconcelos, Guararema, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá, Salesópolis, Santa Isabel e Suzano;
- Sudeste: Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul;
- Sudoeste: Cotia, Embu, Embu-Guaçu, Itapeirica da Serra, Jiquitiba, São Lourenço da Serra, Taboão da Serra e Vargem Grande Paulista; e,
- Oeste: Barueri, Carapicuíba, Itapevi, Osasco, Pirapora do Bom Jesus e Santana do Paranaíba.

A Região Metropolitana de São Paulo possui 7.944 km² de território, com aproximadamente 19,5 milhões de habitantes, e é responsável por 18,93% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (EMPLASA, 2012).

2.1.2. O Município de São Paulo

O município de São Paulo está localizado na porção sudoeste do Estado de São Paulo, conforme indicado na **Figura 1**. De acordo com o Censo de 2010 o município possui aproximadamente 11 milhões de habitantes, em um território de 1.521,1 km², perfazendo uma densidade populacional de 7.398,26 habitantes por km² (IBGE, 2013).

Considerando os aspectos geológicos, o município de São Paulo, encontra-se sobre terrenos sedimentares de idade cenozóica, compreendendo os depósitos terciários da Bacia de São Paulo e as coberturas aluviais mais recentes, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais rios da região. Os terrenos cristalinos contornam as áreas sedimentares e configuram, praticamente, toda a borda da Região Metropolitana de São Paulo (SABESP-CEPAS/IG-USP, 1994).

São Paulo

BRASIL

SÃO PAULO

REGIÃO METROPOLITANA

Fonte: Google Earth Pro 7.1 Datum: WGS84

Programa: **Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP**
Título: **Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública**

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
25/10/2014

Figura 1

Localização da Área de Estudo

2.2. Sistema de Gestão de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo

As Áreas Contaminadas têm sido alvo de grande preocupação por parte das agências ambientais, empreendedores e sociedade civil, principalmente nos grandes centros urbanos, como a Região Metropolitana de São Paulo, devido ao histórico de industrialização do território.

A origem das áreas contaminadas está relacionada, principalmente, com o desconhecimento de práticas seguras para a manipulação de substâncias consideradas perigosas, o que gerou inúmeros acidentes ou vazamentos durante o processo produtivo, de transporte e de armazenamento de matéria prima e produtos acabados (SANCHES, 2009).

O gerenciamento de áreas contaminadas é definido pela CETESB (2001) como um conjunto de ações e medidas que asseguram o conhecimento das características das áreas contaminadas e a definição das formas de intervenção mais adequadas, visando minimizar os danos e os riscos aos bens a proteger, gerados pela existência destas áreas.

Atualmente, a gestão de áreas contaminadas no Estado de São Paulo é de responsabilidade da CETESB em conjunto com o responsável pela contaminação.

O sistema de gestão de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, como definido pela CETESB (2009) pode ser dividido em duas principais etapas. A primeira etapa une as duas fases denominadas como “Identificação e priorização de ACs⁸” e “Cadastro de ACs”, onde são realizadas as seguintes atividades:

- Identificação das áreas com potencial de contaminação;
- Realização do estudo de avaliação preliminar, que consiste na avaliação inicial, realizada com base nas informações históricas disponíveis e inspeção do local, com o objetivo principal de encontrar evidências, indícios ou fatos que permitam suspeitar da existência de contaminação na área (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009);
- Realização da investigação confirmatória que tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos valores de investigação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009);

⁸ Áreas Contaminadas

- Cadastro de divulgação das áreas contaminadas.

A segunda fase denominada como “Processo de reabilitação de ACs”, está associada à remediação da área considerada como contaminada, onde são realizadas as seguintes atividades:

- Realização da investigação detalhada, que consiste na aquisição e interpretação de dados a fim de entender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados e a identificar os cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores de risco existentes, dos caminhos de exposição e das vias de ingresso (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009);
- Realização de uma Avaliação de Risco, processo onde são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana ou a bem de relevante interesse ambiental a ser protegido (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009) e estabelece as metas de remediação para a área;
- Concepção do projeto de remediação;
- Projeto e execução da remediação; e,
- Realização de monitoramentos periódicos.

O gerenciamento da contaminação (caracterização, avaliação de risco, remediação e monitoramento) em casos de vazamentos de combustíveis derivados de petróleo é, em muitos casos, um processo que requer alto investimento financeiro, haja vista a complexidade geológica e hidrogeológica, características físicas e químicas dos contaminantes, tipos de uso e ocupação do solo, níveis de remediação requeridos pelas legislações e intensidade do risco toxicológico que a contaminação pode gerar (MAXIMIANO, 2001).

2.2.1. Cadastro de áreas contaminadas e reabilitadas

O Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas é publicado pela CETESB desde 2002 e constitui-se em um dos instrumentos de gestão de áreas contaminadas. Neste documento são registradas as informações adquiridas durante a execução das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas.

O principal objetivo deste sistema é armazenar os dados gerados durante as etapas de identificação e reabilitação de uma área contaminada, visando subsidiar a gestão ambiental, o planejamento urbano e o uso e ocupação do solo, além de

compartilhar informações com os demais órgãos públicos e sociedade. As informações contidas no cadastro são (SOARES, 2011):

- Dados cadastrais: nome, endereço, coordenadas e atividade desenvolvida no local (indústria, comércio, posto de combustível, resíduos, agricultura e desconhecida);
- Classificação das áreas: Área com Potencial de Contaminação (AP), Área Suspeita de Contaminação (AS), Área Contaminada sob Investigação (ACI), Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi), Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe), Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME), Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu), Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR) e Área Contaminada Crítica (AC crítica) (Decreto Estadual nº 59.263/2013);
- Etapas do gerenciamento: avaliação preliminar, investigação confirmatória, medidas para a eliminação de vazamentos, investigação detalhada e plano de intervenção, remediação com monitoramento da eficiência e eficácia e monitoramento para encerramento;
- Fontes de contaminação: armazenagem, produção, manutenção, emissões atmosféricas, tratamento de efluentes, descarte e disposição de resíduos, infiltração, desconhecida, acidentes;
- Meios impactados (dentro e fora da propriedade): solo superficial, subsolo, águas superficiais, sedimentos, águas subterrâneas, ar, biota;
- Contaminantes: combustíveis líquidos, metais, outros inorgânicos, solventes halogenados, solventes aromáticos, solventes aromáticos halogenados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, bifenilas policloradas, metano, fenóis, biocidas, ftalato, dioxinas e furanos, anilinas, radionuclídeos, microbiológicos e outros;
- Intervenções: medidas emergenciais, medidas de controle institucional, medidas de controle de engenharia, medidas de remediação em andamento ou finalizadas;
- Registro de imóveis.

A primeira lista de áreas contaminadas para o Estado de São Paulo foi divulgada em 2002 pela CETESB com 255 áreas cadastradas, sendo em sua maioria postos de combustíveis (111). Em dezembro de 2012 a CETESB apresentou para o Estado de São Paulo 4.572 áreas cadastradas, sendo 3.510 postos de combustíveis, 681 atividades industriais, 216 atividades comerciais, 128 instalações para destinação

de resíduos e 37 casos de acidentes, fontes de contaminação desconhecida e atividades agrícolas (CETESB, 2012a).

Desde a primeira publicação do Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB em 2002, os postos de combustíveis foram o setor mais representativo no número de áreas contaminadas. Segundo (SANCHES, 2009; CETESB, 2012a), este aumento do número de postos de combustíveis no Cadastro é o resultado de ações contínuas de fiscalização e do desenvolvimento do programa de licenciamento de postos de combustíveis iniciado em 2001 com a publicação da Resolução CONAMA n° 273/2000 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

2.2.2. Classificação das áreas contaminadas

A CETESB, em 22 de julho de 2007, publicou a Decisão de Diretoria n° 103/C/E a qual dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas e apresenta a classificação das áreas contaminadas como:

- Área com potencial de contaminação (AP): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas características, apresentam maior possibilidade de acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada;
- Área suspeita de contaminação (AS): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria com indícios de ser uma área contaminada (AC);
- Área contaminada sob investigação (AI): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde há comprovadamente contaminação, constatada em investigação confirmatória, na qual estão sendo realizados procedimentos para determinar a extensão da contaminação e identificar a existência de possíveis receptores, bem como para verificar se há risco à saúde humana. A área também será classificada como área contaminada sob investigação (AI), caso seja constatada a presença de produtos contaminantes (por exemplo, combustível em fase livre), ou quando houver constatação da presença de substâncias, condições ou situações que, de acordo com parâmetros específicos, possam representar perigo;
- Área contaminada (AC): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como área contaminada sob investigação (AI) na qual, após a realização de avaliação de risco, foram observadas quantidades ou concentrações de matéria em condições que

causem ou possam causar danos à saúde humana. A critério da CETESB, uma área poderá ser considerada contaminada (AC) sem a obrigatoriedade de realização de avaliação de risco à saúde humana quando existir um bem de relevante interesse ambiental a ser protegido;

- Área em processo de monitoramento para reabilitação (AMR): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como contaminada (AC) ou contaminada sob investigação (AI), na qual foram implantadas medidas de intervenção e atingidas as metas de remediação definidas para a área, ou na qual os resultados da avaliação de risco indicaram que não existe a necessidade da implantação de nenhum tipo de intervenção para que a área seja considerada apta para o uso declarado, estando em curso o monitoramento para encerramento; e,
- Área reabilitada para o uso declarado (AR): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como área em processo de monitoramento para reabilitação (AMR) que, após a realização do monitoramento para encerramento, for considerada apta para o uso declarado.

Em 2013 foi publicado o Decreto Estadual nº 59.263/2013 o qual apresenta no Art. 8º uma classificação para as áreas contaminadas do Estado de São Paulo, em conformidade com o desenvolvimento das etapas do processo de identificação e reabilitação:

- Área com Potencial de Contaminação (AP): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde são ou foram desenvolvidas atividades que, por suas características, possam acumular quantidades ou concentrações de matéria em condições que a tornem contaminada;
- Área com suspeita de contaminação (AS): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria com indícios de ser uma área contaminada conforme resultado da avaliação preliminar;
- Área Contaminada sob Investigação (ACI): área onde foram constatadas por meio de investigação confirmatória concentrações de contaminantes que colocam, ou podem colocar, em risco os bens a proteger;
- Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi): área onde foi constatada, por meio de investigação detalhada e avaliação de risco, contaminação no solo ou em águas subterrâneas, a existência de risco à saúde ou à vida humana, ecológico, ou onde foram ultrapassados os padrões legais aplicáveis;
- Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe): área onde estão sendo aplicadas medidas de remediação visando a eliminação da massa de

contaminantes ou, na impossibilidade técnica ou econômica, sua redução ou a execução de medidas de contenção e/ou isolamento;

- Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME): área na qual não foi constatado risco ou as metas de remediação foram atingidas após implantadas as medidas de remediação, encontrando-se em processo de monitoramento para verificação da manutenção das concentrações em níveis aceitáveis;
- Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu): área contaminada onde se pretende estabelecer um uso do solo diferente daquele que originou a contaminação, com a eliminação, ou a redução a níveis aceitáveis, dos riscos aos bens a proteger, decorrentes da contaminação;
- Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR): área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria anteriormente contaminada que, depois de submetida às medidas de intervenção, ainda que não tenha sido totalmente eliminada a massa de contaminação, tem restabelecido o nível de risco aceitável à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger;
- Área Contaminada Crítica (AC crítica): são áreas contaminadas que, em função dos danos ou riscos, geram risco iminente à vida ou saúde humanas, inquietação na população ou conflitos entre os atores envolvidos, exigindo imediata intervenção pelo responsável ou pelo poder público, com necessária execução diferenciada quanto à intervenção, comunicação de risco e gestão da informação.

2.3. Sistema de Gestão de Áreas Contaminadas do Município de São Paulo

O município de São Paulo é pioneiro no país na proposta de incorporar o controle das áreas contaminadas na dinâmica de uso e ocupação do solo. Esta iniciativa começou em 2002 com a criação do Departamento de Controle da Qualidade Ambiental (DECONT), do Grupo Técnico Permanente de Áreas Contaminadas (GTAC) dentro da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA). O DECONT possui além da responsabilidade de controle das áreas contaminadas, a integração das informações no planejamento do município (SVMA, 2012).

Em 2003 a SVMA em parceria com a Agência de Cooperação Alemã desenvolveu o projeto “Revitalização de Áreas Urbanas Degradadas por Contaminação no Município de São Paulo”, com o objetivo de atuar na recuperação do espaço urbano subutilizado. O resultado desta parceria foi a conclusão da

recuperação de um *brownfield* na área do antigo Incinerador Pinheiros, que atuou entre 1949 a 1989 com o processamento de resíduos domiciliares e de saúde (SVMA, 2012).

Desde então, a SVMA com auxílio da CETESB aprimorou os procedimentos para identificar e priorizar as áreas com potencial de contaminação no município e integra os resultados obtidos nos estudos de avaliação preliminar, confirmatória ou avaliação de risco são considerados no uso futuro da área e no plano diretor e urbanístico do município (SVMA, 2012).

2.4. Captação de Água Subterrânea

A distribuição de água no planeta pode ser mensurada tanto na superfície quanto abaixo dela. As águas superficiais são aquelas provenientes dos oceanos, mares, lagos e rios e as águas subterrâneas aquelas que ocorrem abaixo da superfície de uma determinada área (SOARES, 2011).

O volume total de água existente no planeta é na ordem de 1.384 milhões de km³, sendo 97,2% constituída por oceanos, mares e lagoas de água salgada (SHIKLOMANIOV, 1998). A parte formada pela água doce, mais de 2/3 estão nas calotas polares e geleiras, inacessíveis para o consumo humano considerado a tecnologia atual. Desta forma, 1% da água para a vida estão em rios e lagos, e a maior parte desta parcela, cerca de 97%, são as águas subterrâneas (DRM-RJ, 2005).

2.4.1. Sistema de outorga do Estado de São Paulo

As águas subterrâneas são captadas por fontes ou por poços. ZOBY e MATOS (2002) estimam 400 mil poços de captação existentes no Brasil. Segundo o IBGE (2003) são perfurados anualmente 10 mil novos poços no Brasil localizados principalmente nos Estados de São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí. No Estado de São Paulo as Bacias Hidrográficas do Alto Tietê (UGRHI⁹ 06) e dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGRHI 05) são responsáveis pela metade das outorgas concedidas pelo DAEE (IMPrensa Oficial, 2013).

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a qual institui a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece em seu artigo 5, inciso III a outorga dos

⁹ Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

direitos de uso dos recursos hídricos, que tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água e os usos dos recursos hídricos que estão sujeitos à outorga pelo poder público.

No Estado de São Paulo a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelece os instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, dentre eles destaca-se a outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

No Estado de São Paulo, a gestão quantitativa das águas é de responsabilidade do DAEE, que utiliza a outorga como instrumento de gestão. A outorga é utilizada para avaliar o potencial hídrico disponível na área onde se pretende perfurar o poço e definir o dimensionamento do sistema de extração. A outorga no Estado de São Paulo está prevista em Lei, a saber, Lei nº 6.134/1988, Decretos nº 32.134/1991 e nº 41.258/1996 e portarias específicas do DAEE (VALENTIM, 2007).

Na Região Metropolitana de São Paulo estimativas indicam que 11 m³ por segundo da água consumida são provenientes de aquíferos, suficientes para abastecer cerca de quatro milhões de pessoas (FUSP, 2009; VALENTIM, 2007). O DAEE registrou para o Estado de São Paulo, em julho de 2013, a existência de 27.209 poços de captação autorizados e estimou em torno de 30 mil poços clandestinos ou sem outorgas (IMPrensa Oficial, 2013). FUSP (2009) estimou para a Bacia do Alto Tietê a existência de 8.000 poços de captação, sendo 57% destes considerados clandestinos (sem outorga). Considerando que no município de São Paulo existem atualmente 3.523 poços outorgados¹⁰, ao extrapolar a estimativa da Bacia do Alto Tietê (57% de poços clandestinos) para o município, pode-se considerar a existência de aproximadamente 2.008 poços operando sem outorga no município de São Paulo. É importante destacar que 366 poços que possuem outorgas estão tamponados ou desativados.

Quando a exploração do recurso hídrico é realizada de forma irregular, como alternativa ao sistema público de abastecimento em áreas urbanas e industrializadas, pode significar riscos à saúde dos usuários, principalmente devido à super exploração do recurso e a possibilidade da intrusão da contaminação de áreas adjacentes (VALENTIM, 2007; FADDEN e OLIVEIRA, 2008).

¹⁰ Pesquisa realizada no Banco de Dados *on line* do DAEE em 15/11/2013

2.5. Contextualização do Problema

2.5.1. Alocação dos postos de combustíveis

Foi pesquisada a localização, em coordenadas em Universal Transverso de Mercator (UTM), dos postos de combustíveis registrados no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB, publicado em dezembro de 2012. Em seguida estas informações foram inseridas no programa de informação geográfica ArcGis, versão 10.1, sob o mapa do município de São Paulo, independente do *status* do gerenciamento da área contaminada.

2.5.2. Alocação dos poços de captação

Foi pesquisada a localização, em coordenadas em UTM, dos poços de captação de água subterrânea, outorgados pelo DAEE, com registro até dezembro de 2012. Em seguida estas informações foram inseridas no programa de informação geográfica ArcGis, versão 10.1, sob o mapa do município de São Paulo.

2.5.3. Situações de insegurança e possibilidades de contaminação

As situações de insegurança e as possibilidades de contaminação estão presentes principalmente em regiões onde há áreas contaminadas e o uso da água subterrânea pela população. Condição que pode ser qualificada e avaliada quando aliada ao potencial toxicológico das substâncias químicas presentes no local.

As áreas afetadas por vazamentos de tanques subterrâneos oriundos de postos de combustíveis, por vezes, ultrapassam os limites físicos da propriedade. As informações acerca da extensão vertical e horizontal da contaminação no solo e na água subterrânea, como solicitado na Decisão de Diretoria CETESB nº 263-2009-P, de 20 de outubro de 2009, são de suma importância para delimitar os cenários e as vias de exposição que devem ser consideradas na avaliação de risco à saúde da população no entorno do local. A delimitação da contaminação é representada por mapeamentos denominados “plumas” e são elaboradas pela interpolação dos

resultados analíticos obtidos nas amostras de solo ou de água subterrânea coletadas na área afetada pelo vazamento ou pela contaminação.

Dentro deste conjunto de informações a cerca da existência de áreas contaminadas e dos potenciais impactos a saúde da população que as substâncias tóxicas ali existentes possam causar, a constatação do número de postos de combustíveis cadastrados como contaminados no município de São Paulo pela CETESB e a existência de poços de captação de água subterrânea outorgados para consumo humano indicam um potencial de risco adverso à saúde da população paulistana.

SOARES (2011) nota que a distribuição das áreas de postos de combustíveis cadastrados na CETESB está concentrada na região central do município de São Paulo, com espalhamento em direção a periferia e a área de mananciais. Vale destacar que estas são as regiões do município de São Paulo que possuem o maior índice de ocupação populacional.

Sendo assim, na pesquisa efetuada também foi verificado por SOARES (2011) que, considerando-se o raio de proteção com 500 metros em torno dos poços de captação, conforme recomendado pela Resolução Conjunta Secretarias de Estado do Meio Ambiente, de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, e da Saúde (SERHS/SMA/SES) nº 03/2006, é verificada a sobreposição entre o raio de proteção e a localização das áreas contaminadas.

2.5.4. Definição das áreas com situações de insegurança

A definição das áreas com situações de insegurança foi realizada em duas etapas, e conceituada pelos seguintes passos:

1ª Etapa:

1) A área do município de São Paulo foi dividida em células de 500 m x 500 m, tendo como referência o raio de proteção de 500 metros no entorno dos poços de captação de água subterrânea, como estabelecido pela Resolução SERHS/SMA/SES nº 03/2006;

2) As células foram particionadas em classes de menor, intermediária e maior densidade de ocorrência de postos de distribuição de combustíveis cadastrados pela CETESB até dezembro de 2012 e poços de abastecimento outorgados pelo DAEE até dezembro de 2012.

2ª Etapa

1) A área do município de São Paulo foi dividida em suas subprefeituras;

2) As regiões das subprefeituras foram discretizadas em classes de menor, intermediária e maior densidade de ocorrência de postos de distribuição de combustíveis cadastrados pela CETESB até dezembro de 2012 e poços de abastecimento outorgados pelo DAEE até dezembro de 2012.

3) As informações do item 2 foram interpoladas e classificadas em situações de insegurança, considerando os níveis de alta, média e baixa restrição à instalação de novos postos de combustíveis ou à necessidade de incremento de exigências técnicas por parte dos órgãos legisladores e fiscalizadores.

A escala gráfica para apresentação dos mapas foi definida de acordo com o desenvolvimento da pesquisa e os tamanhos das áreas selecionadas e são apresentadas nas respectivas figuras.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Evolução da Contaminação por Postos de Combustíveis

Entre os anos de 2002 e 2012 foram registrados pela CETESB no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo 4.572 áreas contaminadas, sendo 3.210 postos de combustíveis. No mesmo período foi registrado pela ANP (2014) a presença de 9.057 postos de combustíveis no Estado de São Paulo, conforme apresentado na **Tabela 5**.

Conforme citado anteriormente foi publicado no Diário Oficial a existência de 8.463 postos ativos no Estado de São Paulo (SILVEIRA, 2014), no entanto, como o dado disponível no *site* da ANP possui a evolução do número de postos de combustíveis de 2002 a 2012 optou-se por considerar os registros da ANP neste estudo.

Tabela 5 - Evolução do número postos de combustíveis cadastrados na CETESB e existentes no Estado de São Paulo entre 2002 e 2012

Ano	Nº de Áreas Cadastradas na CETESB ¹	Nº de Postos de Combustíveis Contaminados ¹	Nº de Postos de Combustíveis registrados pela ANP ²
2002	255	111	7.861
2003	727	464	7.936
2004	1.336	931	8.530
2005	1.596	1.164	8.846
2006	1.822	1.352	8.484
2007	2.272	1.645	8.293
2008	2.514	1.953	8.595
2009	2.904	2.279	8.817
2010	3675	2922	8962
2011	4131	3217	9053
2012	4572	3210	9057

Legenda:

¹ CETESB (2012a)

² ANP (2014)

O **Gráfico 1** apresenta de forma ilustrativa as informações contidas na **Tabela 5**.

Gráfico 1 - Evolução do número postos de combustíveis contaminados cadastrados na CETESB e existentes no Estado de São Paulo entre 2002 e 2012

Sabe-se que após a publicação das Resoluções CONAMA nº 273/2000, nº 276/2001 e nº 319/2002 os postos de combustíveis foram reformados e os novos postos foram construídos de acordo com as exigências legais acerca dos mecanismos de controle de poluição.

A CETESB entre 2002 a 2012 registra um aumento de 95% de áreas cadastradas e 97% de postos de combustíveis, esta situação é preocupante, quando considerado que o número de postos de combustíveis existentes no Estado é cerca de três vezes superior ao registrado como áreas contaminadas ou remediadas pela CETESB.

Os postos de combustíveis podem ser considerados áreas com potencial de contaminação (AP), conforme definido no Decreto Estadual nº 59.263/2013 devido a existência de instalações (tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis) que podem acumular concentrações de matéria (BTEX) em condições que tornem a

área contaminada. Sendo aplicável o acompanhamento destas áreas para evitar contaminação das águas subterrâneas locais. Há de se mencionar também neste contexto, a existência de fontes difusas em postos, como por exemplo, o vazamento pequenas quantidades durante o processo de abastecimento de veículos, a presença de água acumulada em canaletas de proteção e a presença de trincas ou rachaduras no piso, o que podem resultar na exposição dos trabalhadores e moradores do entorno destas áreas aos contaminantes da gasolina.

3.2. Áreas com Situações de Insegurança no Município de São Paulo

A definição das áreas do município de São Paulo com situações de insegurança causadas pela relação entre a presença de postos de combustíveis cadastrados na lista de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo (CETESB, 2012) e uso da água subterrânea pela população foi realizada em duas etapas, como apresentado no item 2.5.4. A **Figura 2** apresenta em planta a localização dos postos de combustíveis e poços de captação considerados neste estudo.

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:

Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:

25/10/2014

Figura 2

Distribuição dos Postos de Combustíveis Cadastrados pela CETESB (2012) e Poços de Captação Outorgados no Município de São Paulo até dez/2012 (DAEE, 2012)

Na 1ª Etapa a tentativa de dividir o município em células de 500 x 500 metros, conforme **Tabela 6**, apresentou um cenário para o município que dificultaria uma possível tomada de ações pelos órgãos reguladores e fiscalizadores, principalmente devido ao tamanho das células. A **Figura 3** apresenta, em planta, a 1ª Etapa. Sendo assim, o trabalho foi reestruturado de modo que possa ser utilizado para tomadas de decisões nas unidades administrativas do município, em suas subprefeituras.

Tabela 6 – Resultados obtidos na 1ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança

Situação verificada	Nº de células
Nº de células 500 x 500 m	6.507
Nº de células sem posto de combustível ou sem poço de captação	4.823
Nº de células sem posto de combustível e com pelo menos um poço de captação	861
Nº de células com pelo menos um posto de combustível e sem poço de captação	451
Nº de células com pelo menos um posto de combustível e pelo menos um poço de captação	372

LEGENDA

- Postos de Combustíveis (CETESB, 2012)
- Poços de Captação (DAEE, 2012)
- ▭ Município de São Paulo
- ▭ Subprefeituras
- ▭ Distritos
- ▭ Célula de 500 x 500 m

Escala (km)
0 5 10

Datum: WGS84

Programa: **Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP**

Título: **Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública**

Elaborado:

Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:

25/10/2014

Figura 3

**Definição das Áreas de Insegurança
Considerando Células de 500 x 500 m**

Na 2ª Etapa do trabalho, onde os postos de combustíveis e poços de captação foram alocados por subprefeituras, foi possível verificar a situação apresentada na **Tabela 7**.

Tabela 7 – Resultados obtidos na 2ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança

Situação verificada	Nº de subprefeituras
Nº subprefeituras	32
Nº de subprefeituras sem posto de combustível ou sem poço de captação	0
Nº de subprefeituras sem posto de combustível e com pelo menos um poço de captação	0
Nº de subprefeituras com pelo menos um posto de combustível e sem poço de captação	0
Nº de subprefeituras com pelo menos um posto de combustível e pelo menos um poço de captação	32

Desta forma foi selecionada a 2ª Etapa para definição dos critérios de insegurança e elaboração dos mapas propostos no item 2.5.4.

3.2.1. Classificação das áreas com situações de insegurança

Para a classificação das áreas com situações de insegurança foram considerados três fatores: densidade populacional, densidade de poços de captação e densidade de áreas contaminadas de acordo com a subprefeitura em que estão localizados. A **Tabela 8** apresenta a compilação destes dados.

Tabela 8 – Resultados obtidos na 2ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança

Subprefeituras	Densidade Demográfica (hab/km²)	Densidade de poços de captação (poços/km²)	Densidade de áreas contaminadas (áreas/km²)
Aricanduva	12.451	3,16	2,47
Butantã	7.633	4,53	0,89
Campo Limpo	16.542	3,49	0,49
Capela do Socorro	4.433	1,55	0,14
Casa Verde	11.587	1,69	0,79
Cidade Ademar	13.388	1,47	0,20
Cidade Tiradentes	14.100	0,20	0,07
Ermelino Matarazzo	13.742	0,79	1,06
Freguesia do Ó	12.928	0,60	0,29
Guaianases	15.085	0,28	0,39
Ipiranga	12.368	3,15	1,97
Itaim Paulista	17.195	0,69	0,83
Itaquera	9.647	0,98	0,66
Jabaquara	15.871	2,20	0,57
Jaçanã	4.553	1,19	0,36
Lapa	7.619	4,61	2,39
M'Boi Mirim	9.071	0,92	0,16
Mooca	9.772	4,40	3,64
Parelheiros	394	0,17	0,00
Penha	11.090	0,63	1,45
Perus	2.553	0,63	0,02
Pinheiros	9.140	9,43	2,74
Pirituba	8.000	1,17	0,27
Santana	9.361	1,93	1,04
Santo Amaro	6.347	9,89	1,12
São Mateus	9.318	0,55	0,37
São Miguel	15.206	4,16	0,95
Sé	16.454	6,68	4,62

Tabela 8 (cont.) – Resultados obtidos na 2ª Etapa para definição das áreas com situações de insegurança

Subprefeituras	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Densidade de poços de captação (poços/km ²)	Densidade de áreas contaminadas (áreas/km ²)
Vila Maria/Vila Guilherme	11.277	3,22	1,63
Vila Mariana	13.005	6,08	3,17
Vila Prudente	15.949	2,43	1,53
Máximo	17.194	9,89	3,93
Mínimo	394	0,17	0,00
Média	10.841	2,67	1,15

Fonte: Prefeitura de São Paulo¹¹ (modificado)

NUCCI (2008) em sua pesquisa apresenta dados sobre a densidade populacional considerados ideais em regiões urbanas, dentre estes dados destaca-se MASCARÓ (1986 *apud* NUCCI, 2008) o qual estabelece faixas ideais baseadas em saneamento básico, pavimentação e rede elétrica dos municípios.

Para MASCARÓ (1986 *apud* NUCCI, 2008) a faixa ideal para os limites de densidade demográfica está entre 20.000 a 45.000 hab/km², abaixo desses valores a instalação e a manutenção da infraestrutura torna-se onerosa para o poder público, e acima de 45.000 hab/km² os gastos públicos com infraestrutura são ampliados, de tal forma que acima de 60.000 hab/km² o montante arrecadado pelo governo não é suficiente para arcar com as despesas de manutenção da infraestrutura.

Conforme apresentado na **Tabela 8** a densidade populacional das subprefeituras do município de São Paulo varia entre 394 hab/km² (Parelheiros) a 17.195 hab/km² (Itaim Paulista). Desta forma, a densidade não foi considerada como um fator limitante para o estabelecimento dos critérios de insegurança.

Sendo assim, foi considerado para o estabelecimento dos critérios de insegurança a densidade dos poços de captação de água subterrânea outorgados pelo DAEE até dezembro de 2012 e dos postos de combustíveis cadastrados pela CETESB (2012), conforme apresentado nas **Tabela 9 e 10 e Figura 4**.

¹¹ Pesquisa realizada no website da Prefeitura Municipal de São Paulo. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: 16 Jun. 2014

Tabela 9 – Critérios de insegurança considerados

Critérios de insegurança	Densidade de poços de captação (poços/km²)	Densidade de áreas contaminadas (áreas contaminadas /km²)
Baixo	$0,0 \leq \text{poços/km}^2 < 3,0$	$0,0 \leq \text{áreas contaminadas/km}^2 < 1,5$
Médio	$3,0 \leq \text{poços/km}^2 < 6,0$	$1,5 \leq \text{áreas contaminadas /km}^2 < 3,0$
Alto	$\geq 6,0 \text{ poços/km}^2$	$\geq 3,0 \text{ áreas contaminadas /km}^2$

Tabela 10 – Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de insegurança

Subprefeituras	Área (km²)	Nº Poços de Captação outorgados¹	Densidade de poços de captação outorgados¹ (poços/km²)	Nº Postos de Combustíveis contaminados²	Densidade de postos cadastrados (áreas/km²)²
Aricanduva	21,5	68	3,16	53	2,47
Butantã	56,1	254	4,53	50	0,89
Campo Limpo	36,7	128	3,49	18	0,49
Capela do Socorro	134,2	208	1,55	19	0,14
Casa Verde	26,7	45	1,69	21	0,79
Cidade Ademar	30,7	45	1,47	6	0,20
Cidade Tiradentes	15,0	3	0,20	1	0,07
Ermelino Matarazzo	15,1	12	0,79	16	1,06
Freguesia do Ó	31,5	19	0,60	9	0,29
Guaianases	17,8	5	0,28	7	0,39
Ipiranga	37,5	118	3,15	74	1,97
Itaim Paulista	21,7	15	0,69	18	0,83
Itaquera	54,3	53	0,98	36	0,66
Jabaquara	14,1	31	2,20	8	0,57
Jaçanã	64,1	76	1,19	23	0,36
Lapa	40,1	185	4,61	96	2,39
M'Boi Mirim	62,1	57	0,92	10	0,16

Legenda:¹ DAEE (dez/2012)² CETESB (dez/2012)

■ - Critério de insegurança – Alto

■ - Critério de insegurança – Médio

■ - Critério de insegurança - Baixo

Tabela 10 (cont.) – Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de insegurança

Subprefeituras	Área (km ²)	Nº Poços de Captação outorgados ¹	Densidade de poços de captação outorgados ¹ (poços/km ²)	Nº Postos de Combustíveis contaminados ²	Densidade de postos cadastrados (áreas/km ²) ²
Mooca	35,2	155	4,40	128	3,64
Parelheiros	353,5	59	0,17	1	0,00
Penha	42,8	27	0,63	62	1,45
Perus	57,2	36	0,63	1	0,02
Pinheiros	31,7	299	9,43	87	2,74
Pirituba	54,7	64	1,17	15	0,27
Santana	34,7	67	1,93	36	1,04
Santo Amaro	37,5	371	9,89	42	1,12
São Mateus	45,8	25	0,55	17	0,37
São Miguel	24,3	101	4,16	23	0,95
Sé	26,2	175	6,68	121	4,62
Vila Maria/Vila Guilherme	26,4	85	3,22	43	1,63
Vila Mariana	26,5	161	6,08	84	3,17
Vila Prudente	33,3	81	2,43	51	1,53

Legenda:

¹ DAEE (dez/2012)

² CETESB (dez/2012)

- Critério de insegurança – Alto

- Critério de insegurança – Médio

- Critério de insegurança - Baixo

LEGENDA

- Postos de Combustíveis (CETESB, 2012)
- Poços de Captação (DAEE, 2012)
- ▭ Município de São Paulo
- ▭ Subprefeituras
- ▭ Distritos

Cenários (Criticidade)

Alta	Densidade de Poços (Poços/km ²)
Alta	Densidade de Áreas Contaminadas (Áreas/km ²)
Alta	Densidade de Poços (Poços/km ²)
Média	Densidade de Áreas Contaminadas (Áreas/km ²)
Alta	Densidade de Poços (Poços/km ²)
Baixa	Densidade de Áreas Contaminadas (Áreas/km ²)
Baixa	Densidade de Poços (Poços/km ²)
Média	Densidade de Áreas Contaminadas (Áreas/km ²)
Baixa	Densidade de Poços (Poços/km ²)
Baixa	Densidade de Áreas Contaminadas (Áreas/km ²)

Escala (km)
0 5 10

Datum: WGS84

Programa: **Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP**

Título: **Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública**

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
25/10/2014

Figura 4

**Definição das Áreas de Insegurança
Considerando as Subprefeituras**

Dentre as áreas de insegurança verificadas no município de São Paulo, conforme apresentado na **Figura 4**, é notada a presença de três subprefeituras com ocorrência de densidade de áreas contaminadas e densidade de poços de captação com critério de insegurança alto: Mooca, Sé e Vila Mariana. O detalhe destas subprefeituras, com as subdivisões de distritos, localização dos poços outorgados e postos de combustíveis são apresentados nos itens a seguir. Ressalta-se a premissa que onde há maior número de poços de captação outorgados existe uma possibilidade de que existam quantidades maiores de poços não outorgados (clandestinos).

3.2.1.1. Subprefeitura da Mooca

A Subprefeitura da Mooca abrange os distritos de Água Rasa, Belém, Brás, Mooca, Pari e Tatuapé, possui aproximadamente 343 mil habitantes, 155 poços de captação outorgados pelo DAEE e 128 postos de combustíveis cadastrados na CETESB, conforme apresentado na **Tabela 11**.

Tabela 11 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Mooca

Distritos	Área (km ²)	Nº Poços de Captação outorgados ¹	Densidade de poços de captação outorgados ¹ (poços/km ²)	Nº Postos de Combustíveis cadastrados ²	Densidade de postos cadastrados (áreas/km ²) ²
Água Rasa	6,9	10	1,45	21	3,04
Belém	6,0	30	5,00	21	3,50
Brás	3,5	7	2,00	16	4,57
Mooca	7,7	50	6,49	27	3,51
Pari	2,9	14	4,83	9	3,10
Tatuapé	8,2	44	5,37	34	4,15
TOTAL	35,2	155	4,40	128	3,64

Legenda:

¹ DAEE (dez/2012)

² CETESB (dez/2012)

- Critério de insegurança – Alto

- Critério de insegurança - Baixo

Ao aplicar o mesmo critério para classificação da insegurança nos distritos da Mooca é verificado que os distritos Água Rasa e Brás possuem densidade de poços por quilometro quadrado (poços/km²) classificado como baixo critério de insegurança, os

demais distritos possuem tanto a densidade de poços (poços/km²) quanto de postos (áreas/km²) classificados como alto critério de insegurança. A **Figura 5** apresenta a distribuição espacial dos poços de captação e dos postos de combustíveis na subprefeitura da Mooca, considerando a subdivisão dos distritos de Pari, Brás, Belém, Tatuapé, Mooca e Água Rasa.

Ao incluir o raio de proteção de 500 metros conforme recomendado pela Resolução Conjunta SERHS/SMA/SES nº 003/2006, é verificada a sobreposição dos raios de proteção com a presença de postos de combustíveis por toda a extensão da subprefeitura, conforme apresentado na **Figura 6**.

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
 25/10/2014

Figura 5

Principais Áreas de Insegurança - Mooca

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
 13/04/2015

Figura 6

Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação de Poços de Captação na Subprefeitura da Mooca

3.2.1.2. Subprefeitura da Sé

A Subprefeitura da Sé abrange os distritos de Bela Vista, Bom Retiro, Cambuci, Consolação, Liberdade, República, Santa Cecília e Sé, possui aproximadamente 431 mil habitantes, 175 poços de captação outorgados pelo DAEE e 121 postos de combustíveis cadastrados na CETESB, conforme apresentado na **Tabela 12**.

Tabela 12 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Sé

Distritos	Área (km ²)	Nº Poços de Captação outorgados ¹	Densidade de poços de captação outorgados ¹ (poços/km ²)	Nº Postos de Combustíveis cadastrados ²	Densidade de postos cadastrados (áreas/km ²) ²
Bela Vista	2,6	32	12,31	13	5,00
Bom Retiro	4,0	20	5,00	17	4,25
Cambuci	3,9	16	4,10	10	2,56
Consolação	3,7	29	7,84	10	2,70
Liberdade	3,7	16	4,32	10	2,70
República	2,3	30	13,04	11	4,78
Santa Cecília	3,9	17	4,36	26	6,67
Sé	2,1	10	4,76	6	2,86
TOTAL	26,2	175	6,68	121	4,62

Legenda:

¹ DAEE (dez/2012)

² CETESB (dez/2012)

■ - Critério de insegurança – Alto

■ - Critério de insegurança - Médio

Ao aplicar o mesmo critério para classificação da insegurança nos distritos da Sé é verificado que todos são classificados com critérios alto ou médio de insegurança, nesta Subprefeitura não há critério de insegurança baixo. A **Figura 7** apresenta a distribuição espacial dos poços de captação e dos postos de combustíveis na subprefeitura da Sé, considerando a subdivisão dos distritos do Bom Retiro, Santa Cecília, Consolação, República, Sé, Bela Vista, Liberdade e Cambuci.

Ao incluir o raio de proteção de 500 metros conforme recomendado pela Resolução Conjunta SERHS/SMA/SES nº 003/2006, é verificada a sobreposição dos raios de proteção com a presença de postos de combustíveis, conforme apresentado na **Figura 8**.

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
 13/04/2015

Figura 7

Principais Áreas de Insegurança - Sé

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
 13/04/2015

Figura 8

Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação de Poços de Captação na Subprefeitura da Sé

3.2.1.3. Subprefeitura da Vila Mariana

A Subprefeitura da Vila Mariana abrange os distritos de Moema, Saúde e Vila Mariana, possui aproximadamente 344 mil habitantes, 161 poços de captação outorgados pelo DAEE e 84 postos de combustíveis cadastrados na CETESB, conforme apresentado na **Tabela 13**.

Tabela 13 – Densidade demográfica, de poços de captação e de postos de combustíveis cadastrados nos distritos da Subprefeitura da Vila Mariana

Distritos	Área (km ²)	Nº Poços de Captação outorgados ¹	Densidade de poços de captação outorgados ¹ (poços/km ²)	Nº Postos de Combustíveis cadastrados ²	Densidade de postos cadastrados (áreas/km ²) ²
Moema	9,0	81	9,00	29	3,22
Saúde	8,9	21	2,36	27	3,03
Vila Mariana	8,6	59	6,86	28	3,26
TOTAL	26,5	161	6,08	84	3,17

Legenda:

¹ DAEE (dez/2012)

² CETESB (dez/2012)

- Critério de insegurança – Alto

- Critério de insegurança - Baixo

Ao aplicar o mesmo critério para classificação da insegurança nos distritos da Vila Mariana é verificado que com exceção da densidade de poços (poços/km²) no distrito da Saúde, os demais distritos são classificados com critério alto de insegurança. A **Figura 9** apresenta a distribuição espacial dos poços de captação e dos postos de combustíveis na subprefeitura da Vila Mariana, considerando a subdivisão dos distritos de Moema, Vila Mariana e Saúde.

Ao incluir o raio de proteção de 500 metros conforme recomendado pela Resolução Conjunta SERHS/SMA/SES nº 003/2006, é verificada a sobreposição dos raios de proteção com a presença de postos de combustíveis por toda a extensão da subprefeitura, conforme apresentado na **Figura 10**.

Programa: Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública - USP
Título: Atividade de Armazenamento e Distribuição de Combustível nos Centros Urbanos: Os Postos de Combustíveis e A Saúde Pública

Elaborado:
Gabriela Maria Arantes Rodrigues

Data:
 13/04/2015

Figura 9

Principais Áreas de Insegurança - Vila Mariana

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho reuniu e organizou informações a respeito da legislação e dos procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas. Cruzou informações sobre a localização de poços de combustíveis em processo de gerenciamento de áreas contaminadas e poços de captação outorgados existentes no município de São Paulo, gerando informações para as análises de risco à saúde pública ao constatar o potencial de contaminação das águas subterrâneas pela localização de empreendimentos contaminados.

O município de São Paulo pode ser considerado um centro urbano complexo e importante de ser estudado quando o tema são as áreas contaminadas e suas interfaces com a saúde pública e a ocupação urbana. As questões que envolvem o município de São Paulo estão associadas às questões sustentáveis do município, pois não apenas os aspectos ambientais, como também os sociais e os econômicas possuem relação com as áreas contaminadas e seus diferentes graus de risco.

O universo de dados considerado nesta pesquisa incluiu somente os postos de combustíveis cadastrados pela CETESB como áreas contaminadas ou remediadas, no entanto, o cenário pode-se tornar mais crítico ao considerar os demais tipos de atividades com potencial de contaminação, como por exemplo as áreas comerciais, industriais, armazenamento de resíduos, derramamentos / acidentes e áreas agrícolas.

A Resolução Conjunta Secretarias de Estado do Meio Ambiente, de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, e da Saúde (SERHS/SMA/SES) n° 03/2006 estabelece em seu Art. 3º Parágrafo Único, que nos casos em que houver uma área declarada como contaminada em um raio de 500 metros do ponto da perfuração do poço de captação, o usuário deverá apresentar ao DAEE um Parecer Técnico da CETESB referente a qualidade ambiental. Durante a realização desta pesquisa ficou evidente a necessidade da comunicação entre os órgãos reguladores na tentativa de facilitar o processo de outorga para a população usuária da água subterrânea.

A demora na liberação das outorgas solicitadas associada à criticidade da conjuntura atual da escassez de água nos recursos hídricos leva a população a perfurar poços clandestinos, sem fiscalização e sem critério para a instalação. As pessoas que utilizam direta ou indiretamente estas águas, de poços outorgados ou clandestinos, podem estar expostas a sérios riscos à saúde.

O critério que também deveria ser considerado como limitante para a instalação de um poço de captação em regiões como a estudada, seria o posicionamento da seção

filtrante. Sabe-se que para manter a quantidade de água no poço, as empresas de perfuração, por vezes, instalam a seção filtrante iniciando no aquífero freático, situação que pode viabilizar o bombeamento de água do aquífero potencialmente contaminado.

Partindo do pressuposto que há o interesse do poder público em promover a remediação ou recuperação de áreas contaminadas, que há o interesse do setor imobiliário em que estas áreas sejam recuperadas e, principalmente, considerando os recentes incentivos para que haja a captação de água subterrânea como maneira de contribuir com a solução da escassez de água no Estado de São Paulo, pode-se concluir com os dados levantados nesta pesquisa, que existe a necessidade da atuação pública durante o processo de autorização para a construção de um novo poço de captação e fiscalização mais intensa nos poços já existentes, clandestinos ou não.

Nas áreas classificadas neste estudo como “alta insegurança”, a saber, subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana, existe a necessidade da fiscalização mais rigorosa pelos órgãos competentes, no que tange ao controle do uso e da qualidade da água consumida direta ou indiretamente pela população. Nas áreas classificadas como “média” ou “baixa insegurança” existe a necessidade da atuação pública para a manutenção ou melhoria da qualidade das águas subterrâneas e da saúde pública.

Independente do nível (baixo, médio ou alto) que este trabalho classificou a insegurança das subprefeituras do município de São Paulo, há a necessidade imediata de alertar a população quanto ao risco de instalar um poço de captação clandestino ou sem o uso das ferramentas e metodologias adequadas, evitando por um lado o crescimento no número de poços clandestinos e por outro a probabilidade de risco à saúde da população quanto aos efeitos tóxicos das substâncias químicas da gasolina.

REFERÊNCIAS

AMENO, K., FUKU, C., AMENO, S., KIRIYU, T., SOGO, K., IJIRI, I. A fatal case of oral ingestion of toluene. *Forensic Sci. Int.* v.42, p. 255-260. (Abstract).

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2013. Disponível em: <<http://www.afavea.com.br/anuario.html>>. Acesso em: 16 nov 2013.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Anuário Estatístico 2012**. 2012. Disponível em: <<http://anp.gov.br/?pg=58083&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1405014150848>>. Acesso em: 15 jul 2014.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Produção Nacional de Petróleo e LGN (barris equivalentes de petróleo)**. 2013a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 nov 2013.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Vendas, pelas distribuidoras de derivados de petróleo (barris equivalentes de petróleo)**. 2013b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 nov 2013.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Anuário Estatístico 2014**. 2014. Disponível em: <<http://anp.gov.br/?pg=58083&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1405014150848>>. Acesso em: 15 jul 2014.

ARCURI, A. S. A., COSTA, D. F., POSSEBON, J., KANASAWA, K. C., TARDINI, L. I., CONSTANTINO, L., COSTA, L. M. T., CARDOSO, L. A. N., GELBER, M. A., YASSUDA, N., INAMINE, R. **Efeitos da exposição ao benzeno para a saúde**. São Paulo : Fundacentro, 2012.

ASTDR – Agency for Toxic Substance and Disease Registry. **Toxicological profile for xylene**. 2007.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (1998) **Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action**. EUA, ASTM Designation PS 104 – 98.

ASTM- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL (1995) **Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied to Petroleum Released**. Sites: ASTM Designation E 1739-95.

BARKER J.F.; HUBBARD, C.E.; LEMON, L.A. The influence of methanol and MTBE on the fate and persistence of monoaromatic hydrocarbons in groundwater. Proceedings of the NWWA/API In: CONFERENCE ON PETROLEUM HYDROCARBONS AND ORGANIC CHEMICALS IN GROUND WATER: PREVENTION, DETECTION, AND RESTORATION. 1990. Houston, p.13, out/nov. 1990.

CANTOX Environmental Inc. Assessment report on ethylbenzene for developing ambient air quality objectives. Alberta Environmental: 2004.

CAPROM, B. LOGAN, B.K. **Toluene-Impaired Drivers: Behavioral Observations, Impairment Assessment, and Toxicological Findings.** J Forensic Sci, v.54, n.2. p. 486-490. 2009.

CARLINI, E.A.; CARLINI-COTRIM, B.; MONTEIRO, M.G. Abuso de solventes voláteis: aspectos epidemiológicos médico-psicológicos e experimentais. *Rev. Assoc. Med. Bras.*,v.34, p.61-68. 1988.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Etapas do gerenciamento.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/etapas-do-gerenciamento>. 2009. Acesso em: 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** São Paulo: CETESB, 2001.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **O que são áreas contaminadas.** São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/areas.asp>. Acesso em: 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo:** Texto explicativo. São Paulo: CETESB, 2012 a.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Benzeno.** Disponível em:> <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/benzeno.pdf>>. 2012 b. Acesso em 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Tolueno.** Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/tolueno.pdf>>. 2012 c Acesso em 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Etilbenzeno.** Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/etilbenzeno.pdf>> 2012 d. Acesso em 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de Informação Toxicológica – Xilenos.** Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/xilenos.pdf>> 2012 e. Acesso em 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação.** Disponível em: <

<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avalia%E7%E3o-de-risco/8-planilhas>>. 2013. Acesso em: 15 nov 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 045/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014.** Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014, em substituição aos Valores Orientadores de 2005 e dá outras providências.

CHIN, B.H., MCKELVEY, J.A., TYLER, T.R., CALISTI, L.R., KOZBELT, S.J., SULLIVAN, L.J. 1980. Absorption, distribution, and excretion of ethylbenzene, ethylcyclohexane, and methylethylbenzene isomers in rats. *Bull Environ. Contam. Toxicol* 24, 477-483. *apud* NTP - National Toxicology Program. **NTP Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies)**. Research Triangle Park: 1992.

CLIMIE, I. J. G., D. H. HUTSON, G. STOYDIN. 1983. The metabolism of ethylbenzene hydroperoxide in the rat. *Xenobiotica* 13:611-618. *Apud* NTP - National Toxicology Program. **NTP Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies)**. Research Triangle Park: 1992.

CORSEUIL, H. X., SANTOS, R.F., FERNANDES, M. Contaminação de Aquíferos por Derramamentos de Gasolina e Álcool. In: 19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1997. FOZ DO IGUAÇU.

COURTNEY, K.D., ANDREWS, J.E., SPRINGER, J., MÉNACHE, M., WILLIAMS, T., DALLEY, L., GRAHAM, J.A. A perinatal study of toluene in CD-1 mice. *Fund. Appl. Toxicol.* v. 6, p. 145-154. 1986. (abstract)

DRM-RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. **Água subterrânea.** 2005. Disponível em: <http://drm.rj.gov.br/indez.php?option=com_content&view=article&id=55&itemid=84>. Acesso em: 14 nov 2013.

DUTKIEWICZ, T., H. TYRAS. 1967. Skin absorption of ethylbenzene in man. *Brit. J. Ind. Med.* 24:330

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Urbano. **Macrometropole Paulista.** 2012. Disponível em <<http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/ProjetosEstudos/Relatorios/arquivos/BrochuraMMPortuguesV2.pdf>>. Acesso em: 30 nov 2013.

FADDEN, S. M. e OLIVEIRA, E. X. Captação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. In: 6º CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO. 2008. Piracicaba: UNIMEP.

FELDMANN, F. A parte que nos cabe: consumo sustentável? IN: Trigueiro, A. (coord.) **Meio Ambiente no Século 21.** Rio de Janeiro: Sextane. 2003. p.143-157.

FETTER, C. W. **Applied hidrogeology.** 3ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

FINOTTI, A. R., TEIXEIRA, C. E., FEDRIZZI, F. CALGLIARI, J. NASCIMENTO FILHO, I. Avaliação da influência do etanol sobre o grau de volatilização BTEX em

solos impactados por derrames de gasolina/etanol. *Eng Sanit Ambient*, v.14, n.4, p443-448. out/dez 2009.

FISHBEIN, L. An overview of environmental and toxicological aspects of aromatic hydrocarbons. IV. Ethylbenzene. *Sci. Total Environ.* v.44, p.269-287. 1985

FOSTER, L. M. K., TANNHAUSER, M., TANNAHAUSSER, S. Toxicologia do Tolueno: aspectos relacionados ao abuso. Ver. *Saúde Pública*. v.28, n. 2, p. 167-72. 1994.

FUSP - Fundação de Apoio a Universidade de São Paulo (2009). **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tiete: Relatório Final**. Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tiete, 2009. Disponível em: <http://www.fabhat.org.br/site/imagens/docs/volume_1_pat_dez09.pdf> Acesso em: 17 nov 2013.

GHANTOUS, H., DANIELSSON, B.R.G. **Placental transfer and distribution of toluene, xylene, and benzene, and their metabolites during gestation in mice**. Biol. Res. Preg. V.7, p.98-105. 1986. (Abstract) *Apud* USEPA. Benzene: Interim Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs). 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ed. São Paulo: Atlas. 2002.

GOODWIN, T.M. Toluene abuse and renal tubular acidosis in pregnancy. *Obstet. Gynecol.* v.71, p.715-718. 1988. (abstratc)

GOUVEIA, J. L. N. e NARDOCCI, A. C. Acidentes em postos e sistemas retalhistas de combustíveis: subsídios para a vigilância em saúde ambiental. **Eng. Sanit. Ambient.** v.12, n.3, p.317-324. 2007.

HARRISON, R. M. LEUNG, P-L, SOMERVAILLE, L., SMITH, R. GILMAN, E. Analysis of incidence of chidhood cancer in the West Midlands of the United Kingdom in relation to proximity to main roads and petrol. Stations. **Occup Environ Med.** v.56, p.774-780. 1999.

IARC - International Agency for Cancer Research. **Agents Classified by the IARC**. Monographs, Volumes 1-112. 2015. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>>. Acesso em: 04 Abr 2015.

IARC - International Agency for Cancer Research. **Agents Classified by the IARC** Monographs, 2013 V.1-109. 2013. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classifications/AlphaOrder.pdf>>. Acesso em 17 nov 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE @ cidade**. 2003. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 15 nov 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **São Paulo**. 2013. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030>. Acesso em: 30 nov 2013.

IMPrensa Oficial. DAEE usa rigor na emissão de licença para captação de água. 2013. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/Cidadão.SP.htm>> Acesso em: 15 nov 2013.

IRIS – Integrated Risk Information System. **Advanced Search Result: 1986 Guidelines**. 2015. Disponível em: <<http://cfpub.epa.gov/ncea/iris/index.cfm>>. Acesso em: 07 Abr 2015.

IRIS – Integrated Risk Information System. **Search by Human Carcinogenicity**. 2014. Disponível em: <http://www.epa.gov/iris/search_human.htm>. Acesso em: 07 Abr. 2015.

IRITANI, M. A. e EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008.

JURAS, L. A. G. M. **Impacto a saúde e a meio ambiente do aumento irregular de solventes na gasolina**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005.

KEENAN, J.J., GAFFNEY, S.H., GALBRAITH, D.A., BEATTY, P. PAUSTENCACH, D.J. Gasoline: A complex chemical mixture, or a dangerous vehicle for benzene exposure? **Hemico-Biological Interation**, v. 184, p. 293-295. 2010.

L'APICCIRELLA, E.; BERTOLO, R.; HIRATA, R.; SIMONATO, M. D.; CARVALHO, A.M.; CAMPOS, J. E.; ROCHA, G.; SURITA C.; CONICELLI, B.P.; PILLON, A.M.; ABREU, M.C.; WENDLAND, E. metodologia para a definição de área de restrição e controle de uso de água subterrânea do entorno do canal Jurubatuba. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO. 2009.

LEITE, E.A. Solvestes Orgânicos. In: OGA, S. (Ed). Fundamentos de toxicologia. 1ed. São Paulo: Atheneu. 1996. P. 187-229.

LOW, L.K., MEEKS, J.R., NORRIS, K.J., MEHLMAN, M.A., MACKERER, C.R. **Pharmacokinetics and metabolism of benzene in Zymbal gland and other key target tissues after oral administration in rats**. Environ. Health Perspect. v.82, p.215-222. 1989.

MALTONI, C., B. CONTI, G. COTTI, *et al.* 1985. Experimental studies on benzene carcinogenicity at the Bologna Institute of Oncology: current results and ongoing research. Am. J. Ind. Med. 7:425-446. *Apud* NTP - National Toxicology Program. **NTP Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies)**. Research Triangle Park: 1992.

MASCARÓ, J. 1986. A forma urbana e seus custos. In: TURKIENCZ, B. & MALTA, M. (eds.) **Desenho Urbano: Anais do II SEDUR – Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil**. Brasília: UnB, p. 61- 68. *Apud* Nucci, J. C. **Qualidade Ambiental e adensamento urbano**. Curitiba: O Autor. 2008.

MAXIMIANO, A. M. de S. **Determinação dos níveis aceitáveis no ambiente para hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas em risco**

(RBCA): aplicações para a cidade de São Paulo. 2001. 131p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MIHELIC, J. R. Modeling the potential effect of additives on enhancing the solubility of aromatic solutes contained in gasoline. **Groundwater Monitoring Review**, p.133-137. 1990.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial União. 14 dez 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 273 de 29 de novembro de 2000.** Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental para postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Diário Oficial União. 8 Jan 2001. p. 20-23

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 420, de 28 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial União. 30 dez 2009; p. 81-84.

MORAIS, M. G. **Identificação das durações estimadas e praticadas durante as etapas de concepção, desenvolvimento e implantação de postos revendedores de combustíveis da Petrobras Distribuidora S.A. em Porto Alegre – RS.** 2006. 157p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NG, T.P.; FOO, S.C.; YOONG, T. Menstrual function in workers exposed to toluene. *Br. J. Ind. Med.*, v.49, p. 799-803. 1992.

NTP - National Toxicology Program. **Toxicology and carcinogenesis studies of xylenes (mixed) (60% m-xylene, 14% p-xylene, 9% o-xylene, and 17% ethylbenzene) (CAS n° 1330-20-7) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies).** 1986.

NTP - National Toxicology Program. **Toxicology and Carcinogenesis Studies of Toluene (CAS n° 108-88-3) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Inhalation Studies).** Research Triangle Park: 1990.

NTP - National Toxicology Program. **NTP Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies).** Research Triangle Park: 1992.

NTP - National Toxicology Program. **NTP Report on the Toxicity and Carcinogenic Studies of Ethylbenzene in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies).** Research Triangle Park: 1999.

OLIVEIRA, E. **Ethanol flushing of gasoline residuals – microscale and field scale experiments**. 1997. 291p. Tese (Doutorado) - Universidade de Waterloo, Canadá.

OLIVEIRA, L.I. LOUREIRO, C.O. Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em Belo Horizonte: Avaliação Preliminar. 1998. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2000.

PARKE, D. V. Personal reflexions on 50 yeas of study of benzene toxicology. **Environmental Health Perspectives**. v.104, n.6, p.1123-1128. 1996.

PEDROZO, M. F. M, BARBOSA, M. E., CORSEUIL, H. X. SHNEIDER, M. R. LINHARES, M. M. **Ecotoxicologia e avaliação de risco do petróleo**. Salvador: Centro de Recursos Ambientais. (Cadernos de referência ambiental, v.12.). 2002.

PENNA, C. G. **O estado do planeta – sociedade de consumo e degradação ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 1999.

PERBELLINI, L. FACCINI, G.B., PASINI, F., CAZZOLI, F., PISTOLA, S., ROSELLINI, S., VALSECCHI, M., BRUGNONE, F. **Environmental and occupactional exposure to benzene bay analysis of breath and blood**. Br. J. Ind. Med.. v. 45. p. 345. 1988.

PURCELL, K.J., CASO, G.H., GARGASM M.L., ANDERSEN, M.E., TR AIS, C.C. In vivo metabolic interactions of benzene and toluene. *Toxicology Letters*, V. 52, P. 141-152. 1990.

RAABE, G. K. Review on the carcinogenic potential of gasoline. **Environmental Health Perspectives**. v.101, n.6. p.45-48. 1993.

RAGHEB, A. A., SALHAB, A.S., AMR, S.S. Suicide by xylene ingestion: a case and review of literature. Am J Forensic Med Pathol. V. 7. N.4. p. 327-329.1986. *Apud* ASTDR – Agency for Toxic Substance and Disease Registry. **Toxicological profile for xylene**. 2007.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B. e TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras, 2002.

RIBEIRO, L. C. **Os estados e as regiões metropolitanas constitutivas do Observatório das Metrôpoles no Censo 2010**. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia: Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetrolopes.net/download/Os_Estados_e_as_RMs_no_Censo_2010.pdf> Acesso em: 30 nov 2013.

RICKERT, D.E., BAKER, T.S., BUS, J.S., BARROW, C.S. IRONS, R. D. **Benzene disposition in the rat after exposure by inhalation**. Toxicol. Appl. Pharmacol. v.49, p.417-423. 1979.

SABESP-CEPAS/IG-USP. **Diagnóstico hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Final**. São Paulo: IGc-USP. 1994.

SABOURIN, P.J., B.T. CHEN, G. LUCIER. **Effects of dose on the absorption and excretion of [14C]Benzene administered orally or by inhalation in rats and mice.** Toxicol. Appl. Pharmacol. v.87, p. 325-336. 1987.

SANCHES, L. E. **A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental.** 1998. 179p. Tese (livre-docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANCHES, V. L. **Remediação de Solos da Formação São Paulo Contaminados por vapores de gasolina.** 2009. 122p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, C.R. **Evolução das condições sanitário-ambientais do rio Tietê até o reservatório de Barra Bonita: efeitos da Região Metropolitana de São Paulo.** 2005. 186p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SHIKLOMANIOV, I. World fresh water resources. GLEICK, P. H. (ed). Water in Crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resources. Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security. Stockholm: Stockholm Environmental Institute, 1998.

SILVEIRA, R. M. Monitoramento permanente. Diário Oficial Poder Executivo – Seção I. 11 mar 14.

SOARES, M. de S. **Áreas Contaminadas e águas subterrâneas na Unidade de gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê.** 2011. 209p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SRBOVA, J., J. TEISINGER AND S. SKRAMOVSKY. 1950. **Absorption and elimination of inhaled benzene in man.** Arch. Ind. Hyg. Occup. Med. v.2, p.1-8. *apud* PERBELLINI, L. FACCINI, G.B., PASINI, F., CAZZOLI, F., PISTOLA, S., ROSELLINI, S., VALSECCHI, M., BRUGNONE, F. **Environmental and occupational exposure to benzene bay analysis of breath and blood.** Br. J. Ind. Med.. v. 45. p. 345. 1988

SVMA - Secretaria do Verde e Meio Ambiente. **Planejamento urbano integrado e participação social na recuperação e reintegração de áreas degradadas – lições aprendidas do Projeto Piloto INTEGRATION na região Mooca-Vila Carioca.** 1 ed. São Paulo: São Paulo, 2012.

SZKLO, A. e ULLER, V. C. **Fundamentos do refino do petróleo: tecnologia e economia.** Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

UMBUZEIRO, G. A. (coord.). Guia de potabilidade para substâncias químicas. São Paulo: Limiar, 2012.

UMBUZEIRO, G. A., FUMMROW, F.; REI, F. F. C. Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v.5, n.1, Resenha, jan./abr. 2010.

USEPA – U.S. Environmental Protect Agency. **Drinking Water Criteria Document for Toluene**. Cincinnati, OH: 1990. ECAO-CIN-408.

USEPA – U.S. Environmental Protect Agency. **Integrated Risk Information System (IRIS). Ethylbenzene**. Cincinnati, OH: 1996.

USEPA – U.S. Environmental Protect Agency. **Leaking underground storage tanks and health: understanding health risk from petroleum contamination**. EPA/530/UST-91/018. Disponível em: <http://nepis.epa.gov/Exe>. Acesso em: 01 Jun 2014.

USEPA – U.S. Environmental Protect Agency. **Toxicological review of xylenes (cas n° 1330-20-7)**. Washington, DC: 2003. EPA 635/R-03/001

USEPA – U.S. Environmental Protect Agency. **Search by Human Carcinogenicity**. Disponível em: http://www.epa.gov/iris/search_human.htm. 2012. Acesso em: 01 Jun 2014.

VALENTIM, L. S. O. **Consumo de água subterrânea e riscos à saúde**. Informativo SAMA/CVS n. 01/2007 Divisão de ações sobre o meio ambiente do Centro de Vigilância Sanitária. Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. 2007.

VALENTIM, L. S. O. **Requalificação urbana em áreas de risco à saúde devido a contaminação do solo por substâncias perigosas: um estudo de caso na cidade de São Paulo**. 2005. 158p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WHO - World Health Organization. Toluene in drinkin-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/116. 2004.

WINEK, A.L., COLLOM, E W.D. **Benzene and toluene fatalities**. J. Occup. Med. v. 13, p. 259-261. 1971. *Apud* USEPA. Benzene: Interim Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs). 2009.

Wolf, M. A., V. K. Rowe, R. L. McCollister, and F. Oyen. 1956. Toxicological studies of certain alkylated benzenes and benzene. *A.M.A. Arch. Ind. Health* 14:387-398. *apud* NTP - National Toxicology Program. NTP Report on the Toxicity Studies of Ethylbenzene In F344/N Rats and B6C3F1 Mice (inhalation Studies). Research Triangle Park: 1992.

ZOBY, J. L. G. e MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política Nacional de recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12, 2002. Florianópolis: ABAS.