

**MÍRIAM DOS ANJOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA POR  
EXPOSIÇÃO AMBIENTAL A HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS  
MONOCÍCLICOS - ESTUDO DE CASO**

**Brasília – DF**

**2009**

**MÍRIAM DOS ANJOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA POR  
EXPOSIÇÃO AMBIENTAL A HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS  
MONOCÍCLICOS - ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências da Saúde da Universidade de  
Brasília, para obtenção do título de  
Mestre em Ciências da Saúde.

Área: Toxicologia

**ORIENTADORA: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloísa Dutra Caldas**

**Brasília – DF**

**2009**

## **BANCA EXAMINADORA**

### **ORIENTADORA:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloísa Dutra Caldas  
Membro Interno do Programa  
Universidade de Brasília

### **MEMBROS:**

---

Prof. César Koppe Grisolia  
Membro Externo do Programa  
Universidade de Brasília

---

Dr. Guilherme Franco Netto  
Membro Externo do Programa  
Ministério da Saúde

### **SUPLENTE:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Anadergh Barbosa de Abreu Branco  
Membro Interno do Programa  
Universidade de Brasília

Brasília, 19 de junho de 2009

“Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém, precisará ensiná-lo a amar seu semelhante.”

Albert Schweitzer

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela beleza da vida e por ter colocado no meu caminho a minha orientadora Eloisa Dutra Caldas que possibilitou a realização deste trabalho.

À Secretaria Estadual de Saúde e ao Instituto de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (IBRAM-DF) por disponibilizarem o acesso aos relatórios ambientais da Distribuidora de Combustível e aos processos que compõe o licenciamento ambiental do Posto Revendedor.

Aos amigos da Vigilância em Saúde Ambiental do Ministério da Saúde pelo incentivo, apoio e gentileza ao tirar as dúvidas sobre a metodologia de avaliação da ATSDR (adaptada a experiência brasileira), Herling Alonzo Gregorio Aguilar, Priscila Campos Bueno, Patrícia Louvandine e Marcos Borba .

As amigas Angelika Bredt, Cristiane de Oliveira e Shirley Margareth Buffon pela força e amizade sempre presente.

A (amiga) Dr<sup>a</sup> Andrea Amoras Magalhães pela atenção, disponibilidade e paciência por ajudar-me com as questões médicas relativas a este trabalho.

Ao Dr. Edison Saraiva pela confiança em disponibilizar os exames da população avaliada neste trabalho.

Aos meus irmãos pelo apoio incondicional em todos os momentos, Lúcia e Junior.

Aos meus pais minha inspiração e fonte de vida, Gilberto e Marina.

Aos meus filhos Luis Gustavo e Ramon que me ensinam que com amor tudo vale à pena.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	5
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	6
I. Petróleo e Derivados.....	6
II. Gasolina.....	10
III. Contaminação Ambiental e Vazamento de Combustível.....	10
IV. BTEX - efeitos adversos.....	16
V. Acompanhamento da saúde dos expostos ou potencialmente expostos ao BTEX.....	20
VI. Avaliação de risco.....	24
VII. Grupo Focal .....	37
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	40
I. Fonte de dados.....	40
II. Avaliação de risco segundo a metodologia da ATSDR adaptada a experiência brasileira.....	44
<b>RESULTADOS</b> .....	56
<b>I. Cenário da contaminação</b> .....	58
<b>II. Priorização da área</b> .....	60
<b>III. Avaliação de risco</b> .....	61
<i>Informação (caracterização) da Área de Estudo</i> .....	61
<i>Preocupações da População com a sua Saúde</i> .....	64
<i>Seleção dos Contaminantes de Interesse</i> .....	73
<i>Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição</i> .....	79
<i>Implicações na Saúde Pública</i> .....	80
<i>Avaliação dos Dados de Saúde</i> .....	85
<i>Avaliação e resposta às preocupações da comunidade com sua saúde..</i>	93
<b>DISCUSSÃO</b> .....	95
<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO</b> .....	105
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	107
<b>ANEXO I</b> .....	118
<b>ANEXO II</b> .....	119
<b>ANEXO III</b> .....	120
<b>ANEXO IV</b> .....	121
<b>ANEXO V</b> .....	122

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estrutura química dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos .....	6
<b>Figura 2:</b> Fórmula e estrutura química dos alcanos, alcenos e cicloalcanos.....	7
<b>Figura 3:</b> Estrutura química dos componentes do BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos).....	8
<b>Figura 4:</b> Metabolismo do Benzeno no organismo humano .....	17
<b>Figura 5:</b> Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco RBCA (modificado de ASTM, 1995).....	30
<b>Figura 6</b> – Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco da U.S.EPA.....	31
<b>Figura 7</b> - Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco da ATSDR.....	32
<b>Figura 8</b> – Modelo conceitual do Posto revendedor e área vizinha em ambiente Visual Modflow.....	41
<b>Figura 9</b> – Representação da pluma de contaminação na água subterrânea da área de estudo pelo modelo Visual Modflow.....	42
<b>Figura 10</b> - Roteiro para agrupamento dos trechos transcritos do Grupo Focal.....	47
<b>Figura 11</b> - Localização dos poços de sondagem e dos poços cacimbas com coleta de amostras na Chácara 6.....	48
<b>Figura 12</b> – Fluxograma para categorização das rotas de exposição (ATSDR, 2001).....	51
<b>Figura 13</b> – Fluxograma para seleção de indivíduos quanto à suspeição de intoxicação por exposição ambiental ao benzeno.....	56
<b>Figura 14</b> – Mapa de isoconcentração de VOCs no solo da área do posto revendedor de combustível, em maio de 2002.....	58
<b>Figura 15</b> – Mapa da Pluma de Fase Livre de gasolina na área do posto revendedor de combustível, em junho de 2002.....	59
<b>Figura 16</b> – Mapa Ambiental do Distrito Federal (2006) ressaltando a localização do Posto revendedor de combustível, responsável pela	62

contaminação ambiental.....	
<b>Figura 17</b> – Croqui simplificado da área do Posto Revendedor de Combustível.....	62
<b>Figura 18</b> - Vista aérea da região do Posto Revendedor de Combustível: A- área dos fundos do posto, B – casa do proprietário do Posto e C – Chácara 6.....	63
<b>Figura 19</b> - Distribuição da população residente na Chácara 6 por faixa etária, segundo o gênero (2002).....	64
<b>Figura 20</b> – Localização dos pontos de coleta de água subterrânea com presença de BTEX na Chácara 6.....	74
<b>Figura 21</b> – Localização dos pontos de coleta de alimentos cultivados na Chácara 6, amostrados em novembro/2002 para análise de BTEX.....	78
<b>Figura 22</b> – Concentração de benzeno no poço cacimba 1 simulada pelo modelo Visual ModFlow.....	81
<b>Figura 23</b> – Distribuição dos valores de leucócitos dos indivíduos da Chácara 6 comparados com o valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas (3.700 a 11.000/ $\mu$ l).....	86
<b>Figura 24</b> – Distribuição dos valores de linfócitos dos indivíduos da Chácara 6 segundo o valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas (740/ $\mu$ L a 5.500/ $\mu$ L).....	87
<b>Figura 25</b> – Distribuição dos indivíduos com alterações no tamanho dos eritrócitos (MCV), tendo como valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas o intervalo de 82pg a 93pg.....	88
<b>Figura 26</b> – Distribuição dos indivíduos com alterações na média de hemoglobina por eritrócito (HCM), tendo como valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas o intervalo de 27pg a 32pg.....	89
<b>Figura 27</b> – Distribuição dos valores de hematócrito em indivíduos do sexo masculino segundo os valores de normalidade utilizados pelos laboratórios de análises clínicas (37,8 a 55%).....	90
<b>Figura 28</b> – Distribuição dos valores de hemoglobina em indivíduos do sexo masculino, segundo os valores de normalidade pelos laboratórios de análises clínicas (12,6 a 18g/dL).....	90



<b>Figura 29</b> – Distribuição dos valores de TGO (AST) obtidos no indivíduo do sexo masculino (4M) em comparação com os valores de normalidade utilizados pelos laboratórios de análises clínicas (15 a 40U/l).....	91
<b>Figura 30</b> – Distribuição dos valores de TGP (ALT) obtidos nos indivíduos do sexo feminino em comparação com os valores de normalidade (7 a 35U/l).....	92
<b>Figura 31</b> – Frequência dos problemas de saúde citados pelos participantes do Grupo Focal.....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Propriedades físico-químicas dos compostos benzeno, tolueno e xilenos.....	9
<b>Tabela 2.</b> Distribuição das fases de contaminação por vazamento de gasolina com 24% etanol, num solo tipo areia média e lençol freático com profundidade de aproximadamente 5 metros.....	14
<b>Tabela 3.</b> Metabolismo do benzeno no organismo humano .....	16
<b>Tabela 4</b> - Correlação das concentrações de AttM-U e benzeno no ar, considerando 1,2 grama de creatinina por litro de urina.....	21
<b>Tabela 5</b> - Concentração de AttM-U, em fumantes e não fumantes de população não exposta ao benzeno.....	22
<b>Tabela 6</b> – Parâmetros laboratoriais selecionados nos exames da população residente na Chácara 6, de acordo com o protocolo da Portaria nº 776/2004.....	43
<b>Tabela 7</b> – Relação dos parâmetros para priorização de área com risco potencial à saúde humana, segundo seus atributos e valoração.....	44
<b>Tabela 8</b> – Valores de peso corporal, estimativa de consumo de água e frutas, e área de superfície corporal humana, segundo a faixa etária.....	54
<b>Tabela 9</b> – Valores para os Bioindicadores de exposição aos componentes do BTEX em amostras de urina (NR-7).....	55
<b>Tabela 10</b> – Categorização da área de estudo segundo valoração dos parâmetros avaliados.....	61
<b>Tabela 11</b> – Informações complementares sobre o perfil da população da Chácara 6 participante do Grupo Focal.....	65
<b>Tabela 12</b> – Valores dos compostos BTEX ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) obtidos nas amostras de solo da Chácara 6, de 1 a 6 metros de profundidade.....	74
<b>Tabela 13</b> – Comparação entre os maiores valores obtidos de BTEX nas amostras de solo da Chácara 6 e os valores de intervenção da CETESB (residencial).....	75
<b>Tabela 14</b> – Níveis de BTEX ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) na água subterrânea do poço cacimba 1 da Chácara 6 entre julho e outubro de 2002.....	75
<b>Tabela 15</b> – Níveis de BTEX ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) encontrados nas amostras de água	

subterrânea do poço cacimba 1 da Chácara 6 e os valores de intervenção ( $\mu\text{g/l}$ ) da CETESB e Ministério da Saúde.....	76
<b>Tabela 16</b> – Níveis de BTEX na água subterrânea dos poços de sondagem da Chácara 6 em 2002.....	76
<b>Tabela 17</b> – Concentração dos componentes BTEX ( $\mu\text{g/kg}$ ) obtidas nos alimentos cultivados na Chácara 6 em novembro/2002.....	77
<b>Tabela 18</b> – Valores da Dose de Exposição da ATSDR (DEia) a benzeno na concentração de 0,22 mg/L pelo consumo de água subterrânea, segundo a faixa etária, considerando o fator de exposição FE de 0,005.....	81
<b>Tabela 19</b> – Dose de Exposição Total (DEal), em mg/kg pc/dia, para o consumo de manga (128g/dia) e pitanga (42g/dia) contaminadas com benzeno ( $3,0\text{E}-6\text{mg/g}$ e $2,53\text{E}-4\text{mg/g}$ ) pela população da Chácara 6, segundo a faixa etária. FE= 0,0009.....	82
<b>Tabela 20</b> – Estimativa da Dose de Exposição Total para a absorção dérmica de benzeno (0,88 mg/L) considerando a permeabilidade de 0,18cm/hora segundo a faixa etária para a população da Chácara 6.....	83
<b>Tabela 21</b> – Estimativa da Dose de Exposição Total ao benzeno (mg/kg pc/ dia) para a população da Chácara 6, no período de dezembro/2001 a outubro/2002, segundo a faixa etária.....	84
<b>Tabela 22</b> – Estimativa do excesso de risco de câncer para as doses de exposição total para a população da Chácara 6, considerando um fator de inclinação ( <i>oral slope factor</i> ) de 0,055 por mg/kg pc/dia.....	85

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Informações e procedimentos do Protocolo de Investigação de Casos Suspeitos de Intoxicação a Benzeno, devido à exposição ocupacional.....	23
<b>Quadro 2</b> – Métodos analíticos utilizados na quantificação dos componentes BTEX, por laboratório e por compartimento ambiental, no período de maio a outubro/2002.....	49
<b>Quadro 3</b> – Identificação das amostras de alimento coletadas por campanha de amostragem na Chácara 6.....	50
<b>Quadro 4</b> – Métodos analíticos de quantificação de BTEX em amostras de alimentos cultivados na Chácara 6, por laboratório.....	50
<b>Quadro 5</b> – Equações para o cálculo da Dose de Exposição.....	53
<b>Quadro 6</b> – Grupos Temáticos formados a partir do agrupamento dos “guias tema” resultantes do Grupo Focal.....	56
<b>Quadro 7</b> – Categorização de áreas contaminadas e respectivas definições de risco.....	57
<b>Quadro 8</b> – Classificação para carcinogenicidade em humanos dos compostos BTX.....	79
<b>Quadro 9</b> - Modelo Conceitual para a avaliação de risco à exposição ao benzeno na Chácara 6, tendo como fonte de contaminação vazamento no Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustível (SASC) do Posto vizinho.....	80
<b>Quadro 10</b> – Alterações observadas nos exames de sangue periférico (série branca e vermelha) e exames complementares nos indivíduos selecionados.....	93
<b>Quadro 11</b> – Critérios e Recomendação para a Chácara 6 com categoria de risco A.....	106

## RESUMO

A contaminação de solo e águas subterrâneas por compostos hidrocarbonetos pode ocorrer como consequência de vazamentos dos tanques de armazenamento subterrâneos. A detecção destes vazamentos normalmente não ocorre imediatamente e nem são comunicados aos órgãos competentes; estes, por sua vez, não fiscalizam de maneira adequada as condições das instalações destes estabelecimentos. Em 2002, o vazamento de combustível de um posto revendedor no Distrito Federal contaminou o solo e a água subterrânea, atingindo uma área residencial vizinha. O presente estudo teve como objetivo avaliar o risco à saúde da população residente na área afetada utilizando a metodologia ATSDR (adaptada à experiência brasileira). Foram utilizados os dados de campo compilados dos relatórios ambientais da Distribuidora de combustível responsável pelo posto, resultados de exames laboratoriais da população exposta e das discussões em grupos focais com parte desta população. A partir da elaboração do modelo conceitual, foi estimado o risco de efeitos adversos à saúde (carcinogênico e não carcinogênico) devido à exposição à benzeno presente na água subterrânea e alimentos. A área de estudo foi categorizada como nível A por apresentar risco à saúde humana. A exposição total a benzeno apresentou valores superiores aos considerados seguros para efeitos adversos não carcinogênicos para todas as faixas etárias; o risco carcinogênico adicional foi estimado em até 22 casos por 100.000 habitantes. Mulheres adultas e crianças até um ano foram os grupos de maior risco, principalmente devido ao contato dérmico com água contaminada. As alterações biológicas mais prevalentes evidenciadas nos exames laboratoriais da população foram diminuição da hemoglobina corpuscular média e microcitose. As discussões nos grupos focais mostraram a preocupação da população com os possíveis efeitos adversos à sua saúde e insegurança gerada pela falta de comunicação de risco por parte do poluidor e dos órgãos públicos responsáveis. A maioria dos resultados obtidos neste estudo não diverge daqueles encontrados pela Distribuidora utilizando outras metodologias de avaliação de risco. Em ambos os casos, as avaliações podem ter subestimado a exposição humana a benzeno devido à carência de dados, principalmente de concentração desta substância no ar e/ou em outros alimentos produzidos pela população afetada. Apesar de já ter passado sete anos desde o acidente, ainda é necessário o monitoramento da saúde da população afetada para que possíveis efeitos adversos advindo da exposição a benzeno possam ser identificados rapidamente.

## ABSTRACT

Soil and underground water contamination with hydrocarbon compounds can occur as a consequence of leak from the underground storage tanks in fuel service stations. The detection of these leaks normally does not occur immediately neither they are communicated to the responsible public authorities, which do not adequately check the conditions of the service stations. In 2002, a storage tank leak from a fuel station in the Federal District, Brazil, contaminated the soil and the underground water, reaching a residential area nearby. The present work had the objective to perform a risk assessment study in the area, focusing on the health aspects of the exposed population, using the ATSDR methodology (adapted for the Brazilian experience). Data from the environmental reports produced by the Distributer responsible for the fuel station, results of laboratory exams performed in the affected population and of the focal group discussions were used to conduct the study. A conceptual model was built and carcinogenic and non-carcinogenic risks due to the exposure to benzene contaminated underground water and food were estimated. The contaminated area was categorized as Level A due to urgent risk to human health. The estimated total benzene exposure exceeded the safe levels for non-carcinogenic effects for all age ranges; additional carcinogenic risk was estimated to be up to 22 case *per* 100.000 inhabitants. Adult women and children up to 1 year old were found to be at higher risk, mainly due to the dermal contact to contaminated water. The most prevalent laboratory exam alterations found within the population was the decrease of the mean corpuscular hemoglobin and mycrocitose. Discussion in the focal groups showed the exposed population concerns regarding their health and the lack of risk communication from the polluter and the public authorities regarding all aspects related to the accident. Most of the results obtained in this study do not diverge from those found by the Distributer using other risk assessment methodologies. In both cases, the evaluation might have under estimated the exposure due to the lack of data, including benzene concentration in the air and/or in food of animal origin consumed by the population. Although it has been seven years since the accident, there is still a need to keep monitoring the affected population in order to early identifying possible adverse affects related to benzene exposure.

## INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento econômico trouxe consigo a degradação de ecossistemas e crescente contaminação ambiental associada a uma variedade de poluentes que interferem sobremaneira na qualidade de vida no planeta. A urbanização e o crescimento das cidades têm colaborado para o aumento da contaminação do meio ambiente (solo, água e ar) ocasionando risco potencial à saúde humana e a sobrevivência de outras espécies.

A contaminação do solo e de águas subterrâneas por combustíveis derivados de petróleo é uma preocupação globalizada, não somente pela magnitude do impacto ambiental como também pelo potencial dano à saúde decorrente de efeitos carcinogênicos de alguns componentes (KAIPPER, 2003).

Vazamentos em postos revendedores de combustíveis constituem as fontes mais expressivas de contaminação por hidrocarbonetos, devido à grande quantidade desses empreendimentos, ao volume estocado de combustível em tanques subterrâneos, a dificuldade de detecção precoce de vazamentos nesses tanques e a falta de fiscalização adequada (FORTE *et al*, 2007; CETESB, 2005; TIBURTIUS *et al*, 2004).

Essas considerações também constam na Resolução CONAMA 273 de 29 de novembro de 2000, tal que: a) toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimentos potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais; b) os vazamentos de derivados de petróleo e outros combustíveis podem causar contaminação de corpos d'água subterrâneos e superficiais, do solo e do ar; c) os riscos de incêndio e explosões, decorrentes desses vazamentos, principalmente, pelo fato de que partes desses estabelecimentos localizam-se em áreas densamente povoadas; d) a ocorrência de vazamentos vem aumentando significativamente nos últimos anos em função da manutenção inadequada ou insuficiente, da obsolescência do sistema e equipamentos e da falta de treinamento de pessoal; e) a ausência e/ou uso inadequado de sistemas confiáveis para a detecção de vazamento; e f) a insuficiência e ineficácia de capacidade de resposta frente a essas ocorrências e, em alguns casos, a dificuldade de implementar as ações necessárias; torna obrigatório o prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente da localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores (...).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, em agosto/2008 existiam no Brasil 34.718 postos revendedores de combustível e 36 distribuidoras. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua norma regulamentadora determina medidas de proteção e controle para os postos revendedores de acordo com as características do ambiente em torno do posto, incluindo a existência de uso da água de poço tubular para consumo doméstico, a utilização da água subterrânea para o abastecimento público e o uso de corpo hídrico superficial para lazer ou agricultura (NBR 13786/2001).

Uma área é considerada contaminada se, entre outras situações, as concentrações dos contaminantes de interesse estiverem acima do valor de intervenção, que indica a existência de um risco potencial de efeito adverso à saúde humana e da necessidade de uma ação imediata na área (CETESB, 2001). Os componentes do BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são os constituintes mais solúveis e móveis da fração da gasolina, e se caracterizam por serem líquidos incolores, inflamáveis, de pouca solubilidade na água, mas solúveis em solventes orgânicos e de lenta degradação.

Todos os componentes da mistura BTEX podem produzir alterações neurológicas e o benzeno pode causar adicionalmente efeitos hematológicos, que podem levar à anemia aplástica e ao desenvolvimento de leucemia mielóide aguda. O efeito carcinogênico da mistura é atribuído ao benzeno e, adicionalmente, ao etilbenzeno, classificado como possivelmente carcinogênico (ATSDR, 2004a; ATSDR, 2004b; IARC, 2000; IARC, 1999).

A avaliação de risco à saúde humana advindo da exposição às substâncias tóxicas é a etapa mais importante da análise de risco, pois seus resultados subsidiam o gerenciamento de áreas impactadas e as decisões para a remediação ambiental e atenção à saúde. Metodologias para avaliar o risco ao meio ambiente e à saúde humana por exposição a contaminantes ambientais foram estabelecidas pelas agências americanas de Proteção Ambiental (U.S.EPA, 1989), de Registro de Substâncias Tóxicas e Controle de Doenças (ATSDR, 1992) e pela Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM, 1995). Essas metodologias são similares no que diz respeito à necessidade de dados sobre a área afetada e dos contaminantes envolvidos, mas se diferenciam em suas finalidades.

A metodologia da U.S.EPA (1998) é usada para determinar a extensão da contaminação e avaliar a necessidade ou não de ações de remediação na área, considerando o risco em exposições atuais e potencialmente futuras. A ATSDR (1992) considera adicionalmente exposições ocorridas no passado e a preocupação da população exposta com sua saúde (percepção de risco). A metodologia da ASTM (*Risk Based Corrective*



*Action*, RBCA) visa principalmente estabelecer a necessidade de remediação e qual a tecnologia mais apropriada.

No Brasil, não existe um arcabouço jurídico-institucional que discipline as ações a serem adotadas e a definição de uma fonte de recursos para os estudos de avaliação de risco (MICHELLS *et al*, 2004), a exemplo da legislação americana comumente conhecida por Lei *Superfund*. Esta Lei prevê recursos advindos de imposto cobrado às indústrias químicas e de petróleo, e estabelece as bases para um programa de gerenciamento de áreas contaminadas ou ameaçadas de contaminação por substâncias que colocam em risco a saúde pública ou o meio ambiente (U.S.EPA, 1989).

O estudo realizado por Bueno (2008) relativo às 1.435 áreas com solo contaminado ou potencialmente contaminado no Brasil revela que em 72% dessas áreas existe pelo menos um corpo hídrico sob sua influência. Das atividades poluidoras destacam-se aquelas provenientes das unidades de postos de abastecimento e serviços (26,0%), seguida das áreas de disposição de resíduos urbanos com 21,0% e áreas industriais com 18,7%. O grupo mais freqüente de contaminantes são os hidrocarbonetos (38,4% das ocorrências), sendo o benzeno e o tolueno os mais freqüentes. Somente em 2,7 % houve estudos sobre a contaminação ambiental e exposição humana, e 86,0% das áreas não foram remediadas. A população exposta ou potencialmente exposta na área fonte e área de influência é urbana (37%) e o uso e ocupação da área de influência é residencial (31%).

O Distrito Federal (DF) agrega dois aspectos importantes em relação à contaminação de áreas: a vulnerabilidade da ocorrência de vazamentos de combustível devido à quantidade de postos revendedores (312 em 2008) e a sensibilidade ambiental por ser o divisor natural de três grandes bacias hidrográficas brasileiras - São Francisco, Paraná e Tocantins (DUARTE, 2003). Num estudo conduzido em 260 postos revendedores no DF, este autor verificou que 51% dos tanques de armazenamento foram construídos em aço sem revestimento, ou seja, sem proteção contra corrosão; 41,5% desses estavam instalados há mais de 10 anos e desses (14,2%) há mais de 20 anos. Do total pesquisado, 59% apresentavam sérios problemas no sistema de armazenamento e 18% ameaçavam diretamente o meio ambiente por estarem em local onde qualquer vazamento poderia atingir as águas subterrâneas.

O uso de água subterrânea como fonte de abastecimento de água no DF tem aumentado consideravelmente nos últimos 15 anos em função da expansão de condomínios e da ampliação de núcleos urbanos consolidados (CAMPOS, 2004). Esse incremento do uso de água subterrânea agregado aos sérios problemas nos postos revendedores de

combustível traduz um cenário de risco muito mais abrangente, pois a população potencialmente exposta não se restringe somente aquela da área de influência direta da contaminação, mas poderá atingir populações à jusante da fonte de contaminação devido ao fluxo do aquífero (os contaminantes são transportados através da zona saturada do solo formando plumas) (MICHELS *et al*, 2004).

Em 2002, ocorreu no Distrito Federal um acidente ambiental de grande proporção ocasionado pelo vazamento de combustível de um Posto Revendedor, localizado na Rodovia BR-020, Km 2,2 na Região Administrativa de Sobradinho. Neste acidente, solo e água subterrânea foram profundamente contaminados na área do posto e na área vizinha (água subterrânea) ocupada por vinte e dois moradores. Foi recuperado um volume total de 2935,6 L de gasolina e 118,1 L de diesel, em fase livre, na água subterrânea. A Distribuidora de combustível conduziu estudos de avaliação de risco, utilizando as metodologias americanas RBCA e U.S.EPA, que estimaram haver um risco tóxico e carcinogênico, para a população da área vizinha afetada, associado à água subterrânea e ao consumo de mangas cultivadas na área (SEMARH, 2001). Moraes e Ribeiro (2004) relatou a exposição dos trabalhadores do posto revendedor e das lojas comerciais existentes no empreendimento, bem como de moradores da área de influência, mas não há uma avaliação quantitativa do risco. Laranja e Fisher (2003) relata a exposição da população da área vizinha devido às evidências nos laudos toxicológicos e relaciona a causa da contaminação ambiental com o lançamento de efluentes do posto e o vazamento num tanque de combustível, mas não apresenta dados quantitativos da contaminação.

Este estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição ambiental ao BTEX é o primeiro conduzido no Distrito Federal e será essencial para a introdução da metodologia na região e como fonte de consulta para a tomada de decisão em cenários semelhantes.

## **OBJETIVOS**

A proposta do presente estudo é contribuir com o processo de avaliação de risco à saúde humana por exposição ambiental ao BTEX devido à contaminação por vazamento de combustível em postos revendedores. Destacando-se os seguintes objetivos:

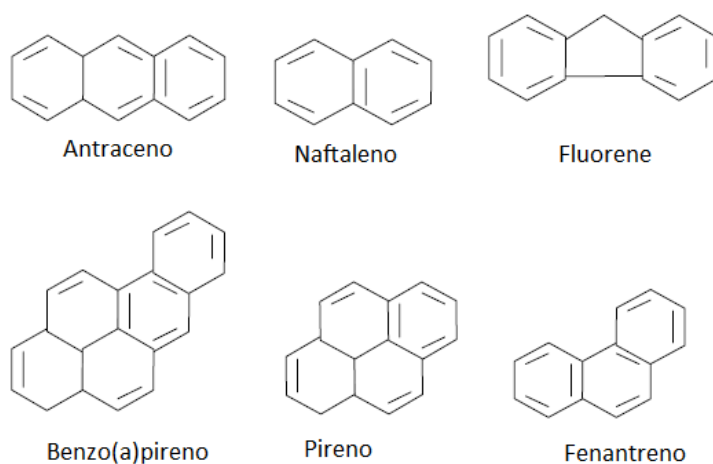
- Avaliar o risco à saúde da população residente na área vizinha ao posto revendedor que ocasionou a contaminação ambiental, utilizando a metodologia da ATSDR (adaptada à experiência brasileira);
- Comparar os resultados deste estudo com aqueles obtidos nos estudos de avaliação de risco conduzidos pela Distribuidora de Combustível.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### I. Petróleo e derivados

O petróleo é uma mistura oleosa complexa de 200 a 300 compostos, inflamável, em geral menos densa que a água, com odor característico e com cor variando entre o negro e o castanho escuro dependendo da fonte e do histórico geológico do depósito. Sua composição inclui compostos hidrocarbonetos (50% a 98%), nitrogênio (0% a 0,5%), enxofre (0% a 6%), oxigênio (0% a 3,5%) e alguns metais em concentrações traço (principalmente níquel e vanádio). Os hidrocarbonetos são compostos formados por carbono (82 a 87%) e hidrogênio (11 a 15%), podendo ser agrupados segundo sua composição em hidrocarbonetos aromáticos, alcanos, alcenos e cicloalcanos (KOLESNIKOVAS, 2006).

Os hidrocarbonetos aromáticos são compostos de cadeia benzênica (insaturada), presentes em praticamente todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades na maioria deles. São os que apresentam maior toxicidade e a exposição está associada a potenciais efeitos carcinogênicos. A biodegradação destes compostos no meio ambiente é lenta. Os compostos com dois ou mais anéis aromáticos são denominados de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), também classificados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Constituem os principais produtos da combustão incompleta da matéria orgânica, sendo potencialmente perigosos e amplamente distribuídos pelo meio ambiente na forma de misturas complexas. Alguns HPAs são mutagênicos ou carcinogênicos. A Figura 1 mostra a estrutura de alguns HPAs.



**Figura 1.** Estrutura química de alguns hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Os alcanos (parafinas ou alifáticos saturados) são hidrocarbonetos de cadeias simples e ramificadas, compreendendo a maior fração da maioria dos petróleos. São compostos incolores, relativamente inodoros e pouco reativos, com baixa toxicidade e facilmente biodegradados. Os alcenos (olefinas) são compostos de cadeia aberta, similar aos alcanos diferindo apenas pela presença de ligação dupla entre os átomos de carbono (Figura 2). Geralmente estão ausentes ou aparecem em pequenas quantidades no petróleo, mas são abundantes em produtos de refino como a gasolina. Os cicloalcanos (naftas) são compostos de cadeia fechada (cíclica) e saturada, compreendendo a segunda maior fração da maioria do petróleo (Figura 3). Estes compostos são resistentes à biodegradação e sua toxicidade é variável de acordo com a estrutura molecular.

#### Alcanos

Conceito: CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>

Fórmula Química: C<sub>n</sub>H<sub>2n + 2</sub>

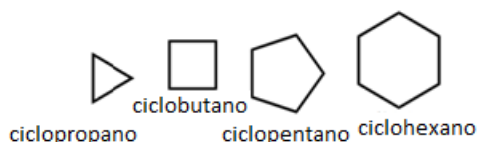
#### Alcenos

Conceito: CH<sub>3</sub> – CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> = CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub>

Fórmula Química: C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>

#### Cicloalcanos

Fórmula Química: C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>



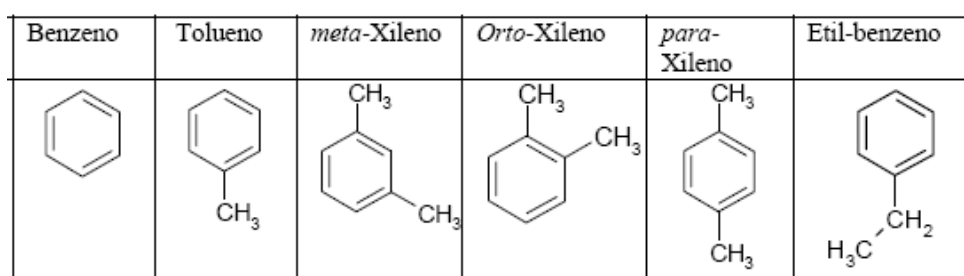
**Figura 2** - Fórmula e estrutura química dos alcanos, alcenos e cicloalcanos

Dos parâmetros que afetam a partição de um hidrocarboneto no ambiente, a solubilidade em água é um dos mais importantes. Moléculas altamente hidrosolúveis são rapidamente distribuídas no ciclo hidrogeológico. Os hidrocarbonetos aromáticos são geralmente mais tóxicos que os compostos alifáticos com o mesmo número de carbonos e possuem maior mobilidade em água, em função da sua solubilidade da ordem de 3 a 5 vezes maior. Apresenta também maior mobilidade em sistemas solo-água devido ao menor coeficiente de partição entre octanol-água, isso implica em uma lenta absorção no solo e, conseqüentemente, um transporte preferencial *via* água que se traduz em uma rápida migração podendo atingir mananciais de abastecimento de água (VALENTIN, 2006).

O craqueamento ou destilação do óleo cru produz várias frações do petróleo dependendo do número de carbonos e ponto de ebulição, incluindo óleo diesel, gasolina,

óleo lubrificante, nafta, GLP (gás liquefeito de petróleo), querosene e parafinas (KAIPPER, 2003).

O óleo diesel é uma mistura de destilados intermediários do óleo cru, sendo composto de aproximadamente 40% de n-alcanos, 40% de iso e cicloalcanos, 20% de hidrocarbonetos aromáticos e pequena porcentagem de isoprenóides, enxofre, nitrogênio e compostos oxigenados (VALENTIN, 2006). A gasolina, produto líquido menos denso que a água, volátil e inflamável, é o carburante mais utilizado nos motores endotérmicos. É constituída por mais de 200 componentes, em sua maioria compostos alifáticos, como o butano, o pentano e o octano, além dos aromáticos BTEX (Figura 3). Esses últimos representam cerca de 20% da massa da gasolina e são característicos da faixa C6 a C8 (número de carbonos equivalentes) (FORTE *et al*, 2007, KOLESNIKOVAS, 2006).



**Figura 3** – Estrutura química dos componentes do BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos)

O benzeno é um líquido incolor com odor adocicado, altamente inflamável, rápida evaporação, pouco solúvel na água, mas solúvel em solventes orgânicos como etanol, acetona, éter dietílico, clorofórmio e óleos. Não se deposita significativamente em sedimentos, não é bioconcentrado em organismos marinhos e nem hidrolisado. O tempo de meia vida varia conforme o compartimento ambiental, sendo de 13,4 dias no ar, 5 a 16 dias em águas superficiais, 10 dias a 24 meses em águas profundas, 7,2 dias em solo com espessura de 1cm e 38,4 dias com espessura de 10cm. Dos compostos da mistura BTEX, o benzeno é o mais perigoso não só por ser reconhecidamente carcinogênico pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC) como também pela propriedade de lenta degradação chegando a ser recalcitrante sob condições redutoras sulfatantes (FERREIRA *et al*, 2004; ATSDR, 2007).

O etilbenzeno é um líquido incolor, de odor semelhante à gasolina, inflamável, praticamente insolúvel na água, mas solúvel em solventes orgânicos. Parece adsorver à sólidos em suspensão e sedimentos, e apresenta uma meia vida de 1,1 a 99 horas em águas

superficiais. O etilbenzeno é classificado pela IARC como possivelmente carcinogênico (Grupo 2B), ou seja, não há evidências desse efeito em humanos, mas tais evidências são encontradas em animais de experimentação (IARC, 2000; ATSDR, 2007a).

O tolueno é um líquido inflamável, incolor, odor semelhante ao benzeno, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos. O tempo de meia vida varia conforme o compartimento ambiental, 4 a 22 dias em águas superficiais, 7 a 28 dias em águas profundas e de 10 a 104 horas no ar. Segundo a IARC não é carcinogênico para humanos e têm evidência sugestiva para animais de experimentação (Grupo 3) (IARC, 1999; ATSDR, 2000). Os xilenos são líquidos inflamáveis, incolor, biodegradável, não apresenta bioconcentração, insolúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos, com tempo de meia vida de 7 dias a 1 mês em água superficiais e de 14 dias a 2 meses em águas profundas. A Tabela 1 mostra as características físico-químicas dos compostos benzeno, tolueno e xilenos.

**Tabela 1**– Propriedades físico-químicas dos compostos benzeno, tolueno e xilenos.

<b>Propriedades</b>	<b>Unidade</b>	<b>Benzeno</b>	<b>Tolueno</b>	<b>Xileno (m)</b>	<b>Xileno (o)</b>
Peso Molecular	g/mol	78,1	92,14	106,16	106,16
Ponto de Fusão	°C	5,5	-95	-47,8	-25,2
Ponto de Ebulição	°C	80,1	110,6	139,1	144,5
Pressão Vapor	mm Hg	95,2	28,4	8,29	6,61
Coefficiente de difusão, água	m <sup>2</sup> /d	2,09E-06	2,03E-06	2,00E-06	2,00E-06
Coefficiente de difusão, óleo	m <sup>2</sup> /s	2,51E-06	2,45E-06	2,41E-06	2,41E-06
Coefficiente de difusão, ar	-	8,80E-10	8,80E-10	8,80E-10	8,80E-10
Solubilidade em água	mg/l	1.780	534,8	161	178
Log K <sub>ow</sub> <sup>(1)</sup>	-	2,13	2,72	3,2	3,12
Log K <sub>oc</sub> <sup>(2)</sup>	-	1,8–1,9	1,57–2,25	2,22	2,11
Constante de Henry (25°C)	-	5,5x10 <sup>-3</sup>	5,94x10 <sup>-3</sup>	7,18x10 <sup>-3</sup>	5,18x10 <sup>-3</sup>
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	8,77E-01	8,67E-01	8,8E-01	8,8E-01
Meia vida no ar	hora	5,1	4,6	4,4	4,4
Meia vida na água	hora	240	168	336	336
Meia vida no solo	hora	120	96	168	168

FONTE: LÓPEZ, 2008; ATSDR 2007; ATSDR 2007b; ATSDR 2000,

1) K<sub>ow</sub> = coeficiente de partição octanol-água

2) K<sub>oc</sub> = coeficiente de adsorção no solo

Desses componentes o benzeno é o que apresenta maior volatilidade (alta pressão de vapor) associado à alta mobilidade que propicia fácil lixiviação para a água subterrânea (baixo  $\log K_{oc}$ ) e uma vez na água apresenta alta solubilidade, embora não apresente a maior meia vida nesse compartimento ambiental.

## **II. Gasolina**

No Brasil, existem quatro tipos de gasolina comercializada, o tipo A (73 octanas, gasolina amarela), tipo B (82 octanas - gasolina azul), tipo C (76 octanas, gasolina + álcool) e a gasolina verde de uso exclusivo da aeronáutica. A gasolina tipo A é a gasolina produzida pelas refinarias de petróleo e entregue diretamente às distribuidoras. Nos postos revendedores a gasolina comercializada é uma mistura da gasolina A com 25% álcool etílico anidro combustível (AEAC), conforme a Resolução nº 37 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 27/06/2007. As interações entre o etanol e os hidrocarbonetos BTEX podem causar um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma de contaminação daquele observado em países que utilizam gasolina pura. A presença de etanol pode aumentar a solubilidade dos BTEX em sistemas aquosos subsuperficiais, a mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea e dificultar a biodegradação natural dos BTEX aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea. A essa propriedade do etanol influenciar na magnitude e extensão na solubilidade de hidrocarbonetos chama-se efeito co-solvência (TIBURTIUS *et al*, 2004; KAIPPER, 2003; SILVA *et al*, 2002; CORSEUIL, 1997).

Segundo Kaipper (2003), com apenas 1% de etanol já ocorre um aumento na solubilidade do BTEX. Com 10% de etanol a solubilidade aumenta cerca de 40%, sendo o efeito maior para o xileno (composto mais hidrofóbico) seguido do tolueno e do benzeno. A presença de etanol também reduz a eficiência do sistema de biorremediação natural (processo passivo no qual microorganismos autóctones transformam os contaminantes em produtos finais inócuos) e contribui para uma maior extensão e persistência da pluma de contaminação.

## **III. Contaminação Ambiental e Vazamento de Combustível**

No Brasil, o termo poluição é definido na Lei nº 6938/81 (Política Nacional de



Meio Ambiente) como sendo a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população (...) afetem desfavoravelmente a biota (...) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. A gestão ambiental brasileira está sob a regência da Lei nº 9605/98 (Lei de Crimes Ambientais), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, impondo responsabilização criminal e penalizações àquele que causar poluição. Na ocorrência de danos à saúde humana ou mortandade de animais ou destruição da flora é imputada a pena de reclusão de 1 a 5 anos.

A contaminação ambiental ocorre, em geral, por misturas de diversas substâncias que podem estar presentes nos vários compartimentos ambientais (ATSDR, 2004a; CEPIS, 2000). Entre as principais causas de contaminação do solo e das águas subterrâneas podem ser citados os vazamentos em dutos e tanques, falhas em processos industriais, problemas nos tratamentos de efluentes, atividades de mineração, disposição inadequada de resíduos, uso inadequado de pesticidas, acidentes de transporte de substâncias químicas, entre outros. Os principais contaminantes das águas subterrâneas são os hidrocarbonetos, metais, microorganismos e radionúcleos (SILVA *et al*, 2002; TIBURTIUS *et al*, 2004).

O destino e a migração dos contaminantes no ambiente são controlados pelas propriedades físicas e químicas do composto e pela natureza do meio físico através do qual o composto migra. As propriedades mais importantes que influenciam nos comportamentos químico, físico e ambiental são a solubilidade em água, a volatilidade do composto, o coeficiente de partição entre a água e o octanol ( $K_{OW}$ ), o coeficiente de partição do carbono orgânico ( $K_{OC}$ ) e o coeficiente de partição entre o solo/sedimento e a água ( $KD$ ). Quanto mais elevado o  $K_{OW}$  maior é a possibilidade de bioconcentração em organismos vivos e altos valores de  $K_{OC}$  e de  $Kd$  demonstram maior sorção do composto no solo ou no sedimento (ATSDR, 2000).

A migração dos contaminantes é controlada por mecanismos de transporte como a advecção (contaminantes seguem coincidentemente o fluxo subterrâneo), dispersão (espalhamento do contaminante) e atenuação (redução de contaminantes transportados pela advecção). No meio poroso, a pluma de contaminação é transportada e espalhada devido a advecção e dispersão, respectivamente (ATSDR, 2007b; FORTE *et al*, 2007).

A contaminação do meio ambiente por derramamento e vazamento de petróleo e derivados pode ocorrer em todas as fases do processo produtivo, na exploração do petróleo, no refinamento, no transporte e na estocagem do produto cru ou dos subprodutos

(ATSDR, 2000). Em 2006, a Petrobrás registrou um volume de 293m<sup>3</sup> de petróleo e derivados vazados, sendo o limite máximo admissível para o mesmo ano de 475m<sup>3</sup> (PETROBRÁS, 2006).

Os hidrocarbonetos, devido a sua abundância na composição do petróleo, são utilizados como indicador de poluição. O BTEX é o indicador específico para caracterização de contaminação por gasolina, e para os demais utiliza-se os hidrocarbonetos totais de petróleo/HTP. Ocasionalmente, pode-se utilizar como indicador para contaminação de gasolina os impulsadores de octanas, como éter metil-terbutílico (MTBE) e metanol (VALENTIM, 2006).

Na área urbana, os vazamentos e/ou derramamentos de combustíveis em postos revendedores constituem a fonte mais expressiva de contaminação por hidrocarbonetos, que podem contaminar os aquíferos e comprometer o abastecimento de água e a saúde humana. Além disso, há o risco de incêndio e explosão quando o vazamento atinge galerias e instalações subterrâneas, e os incômodos decorrentes do odor de combustível no interior de residências e estabelecimentos comerciais através de ralos, fissuras no piso e paredes, entre outros (FORTE *et al*, 2007; MINDRISZ, 2006; CETESB, 2005; CETESB, 2005a; TIBURTIUS *et al*, 2004; ATSDR, 2004b; GOUVEIA, 2004).

Estes vazamentos, porém, nem sempre são detectados prontamente, mas normalmente somente após alguma evidência visual ou percepção de odor da substância vazada, quando centenas de litros já foram despejadas no solo. De acordo com dados da CETESB (2005), no período de 1984 a 2004, do total de acidentes ambientais no Estado de São Paulo (5.884) aproximadamente 9% foram causados por vazamento de combustível automotivo em postos e sistemas retalhistas. Das 2.272 áreas contaminadas 77% foram ocasionadas por postos de combustíveis (CETESB, 2007).

Em geral, a causa dos vazamentos de combustível está relacionada ao extravasamento de tanques subterrâneos, falta de estanqueidade dos tanques e tubulações, corrosão das estruturas metálicas de tanques e tubulações, erros nos procedimentos operacionais da atividade diária do estabelecimento (problemas de respiros, válvula extratora, flutuação de tanque e filtro de óleo diesel), remoção de tanques desativados e derramamento superficial de combustível durante o procedimento de abastecimento destes tanques subterrâneos. No estado de São Paulo, 58,6% das causas estão associadas ao Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível (SASC), especificamente em tanques (32,8%), tubulação (18,4%) e bombas (3,4%) (GOUVEIA, 2004).

Dependendo das características do solo, a água se infiltra, atravessa a zona não

saturada e atinge a zona saturada encontrando a água subterrânea. Desta forma, ocorre a migração de poluentes no solo para as águas superficiais (escoamento) e/ou subterrâneas (infiltração), podendo em curto espaço temporal tornar-se um processo irreversível devido à limitação tecnológica e aos altos custos para recuperar integralmente o meio, gerando passivos que permanecem por um longo período de tempo (CETESB, 2005a).

Os principais contaminantes capazes de impactar o meio ambiente devido a derramamentos de combustíveis são os BTEX e os policíclicos aromáticos (HPA) como: naftaleno e benzopireno (FORTE *et al*, 2007).

Os hidrocarbonetos, após um vazamento de combustível, migram no solo onde são parcialmente retidos devido à absorção e adsorção, formando a chamada *fase sorvida* ou *residual* que pode eventualmente ser remobilizada (retornando à fase livre e vice-versa). Nessa fase, se o solo é seco ou apresenta concentração baixa de umidade, a quantidade adsorvida está diretamente relacionada à área da superfície das partículas do solo e à quantidade de matéria orgânica. Quando o produto atinge a zona saturada, por ser imiscível e menos denso, forma uma camada como se flutuasse sobre o lençol freático e forma a *fase livre* cuja massa do contaminante pode variar em função da sazonalidade do nível do aquífero freático. O contato direto da fase livre com a superfície do lençol freático provoca a transferência de moléculas para a água subterrânea (solubilização, deslocamento por advecção e dispersão) gerando a existência de uma *fase dissolvida* considerada uma das mais importantes, pois é a fonte mais volumosa de uma contaminação (SILVA *et al*, 2002; VALENTIM, 2006; KOLESNIKOVAS, 2006). Uma *fase de vapor* pode ser formada pela volatilização dos hidrocarbonetos da fase residual (zona não saturada) ou ainda fase adsorvida e, em menor escala, a partir da fase livre ou dissolvida (ATSDR, 2007b).

Num vazamento de gasolina a maior porcentagem de contaminante é observada na fase livre (62%), no entanto, esta é responsável apenas por 1% em volume do contaminado. A fase dissolvida em água subterrânea é pouco representativa (1-5%) em comparação ao total derramado, mas é responsável pela maior quantidade de material contaminado (79%) devido à maior mobilidade do contaminante. A fase adsorvida retém 33% do produto, que devido à baixa mobilidade funciona como uma fonte permanente de contaminação das águas subterrâneas pela liberação lenta e contínua para a fase dissolvida (ATSDR, 2007b; TROVÃO, 2006).

Trovão (2006) ilustra a distribuição das fases de contaminação num cenário de vazamento de gasolina com 24% de etanol, num solo caracterizado como areia média e com lençol freático a uma profundidade de aproximadamente 5 metros (Tabela 2).

**Tabela 2.** Distribuição das fases de contaminação por vazamento de gasolina com 24% etanol, num solo tipo areia média e lençol freático com profundidade de aproximadamente 5 metros.

<b>Fase</b>	<b>Volume contaminado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% volume total contaminado</b>	<b>% volume total de contaminantes</b>
Livre	7.100	1	62
Adsorvida	250.000	20	33
Dissolvida	950.000	79	1 – 5
Total	1.207.100	100	-

Fonte: Trovão, 2006

A pluma de contaminação na fase livre pode alcançar distâncias consideráveis, podendo atingir áreas ainda maiores quando em mistura com etanol. O avanço da pluma pode ser acelerado pela exploração do aquífero, devido ao aumento da velocidade do fluxo subterrâneo em direção às áreas onde está ocorrendo a retirada de água (SILVA *et al.*, 2002). A importância da volatilização na atenuação de plumas de contaminação é considerada muito pequena. No caso do benzeno corresponderia a apenas 5% da perda total de massa em uma pluma de contaminação de fase dissolvida (KOLESNIKOVAS, 2006).

No Brasil, estudos sobre contaminação ambiental por produtos químicos, assim como protocolos de avaliação e solução de problemas dessa natureza são precários, talvez por não existir um arcabouço jurídico-institucional que discipline uma seqüência de ações e fontes de recursos específicas para os estudos de avaliação de risco (FATORELLI, 2005). Embora sejam iniciativas isoladas, Forte (2007) cita a elaboração de legislação sobre o tema pelas cidades de São Paulo, Belo Horizonte, Florianópolis e Curitiba. Nos Estados Unidos da América, a Lei *Superfund*, prevê recursos advindos de imposto cobrado às indústrias químicas e de petróleo, e estabelece as bases para um programa de gerenciamento de áreas contaminadas ou ameaçadas de contaminação por substâncias que colocam em risco a saúde pública ou o ambiente (USEPA, 1989).

Forte (2004) na cidade de Porto Velho (RO) identificou a contaminação por hidrocarbonetos na água subterrânea da Vila Tupi, cuja fonte era um posto revendedor de combustíveis localizado próximo à Vila. Em consequência da alta concentração de

benzeno encontrada ( $34\mu\text{g/L}$ ), recomendou a interdição dos poços de abastecimento de água para consumo humano.

Num estudo prospectivo de avaliação da qualidade da água em poços rasos após dois anos da ocorrência de um vazamento de gasolina em Itaguaí (RJ), Silva (2002) identificou a presença de BTEX. As concentrações de tolueno, etilbenzeno e xilenos totais haviam decrescido cerca de 90%, o benzeno cerca de 30% passando de  $800\mu\text{g/L}$  para  $521\mu\text{g/L}$ , porém acima da concentração legalmente permitida para água de consumo humano ( $5\mu\text{g/L}$ ). E para essa concentração de benzeno havia um potencial risco à saúde da população pelo consumo dessa água.

Até novembro de 2005, a cidade de Guarulhos (SP) registrou 46 áreas com contaminação ambiental, sendo a maioria (78%) por posto de combustível. Esse cenário motivou Trovão (2006) a realizar estudos em 5 das 36 áreas contaminadas por postos de combustíveis. Das áreas estudadas, apenas duas apresentava na água subterrânea concentração de BTEX acima dos valores permitidos para consumo humano ( $5\mu\text{g/L}$ ), segundo a Portaria nº518/04 do Ministério da Saúde. Uma dessas áreas foi considerada de risco à saúde devido ao uso da água subterrânea para consumo. Na outra, não foi atribuído risco à saúde porque a fonte de abastecimento de água não era por captação subterrânea. Nessas duas áreas houve reclamação da população quanto à presença de fase livre nos poços cacimbas, porém o foco da reclamação era distinto. Na primeira a população se referia ao risco à saúde e na segunda aos odores provenientes da pia. Os autores concluíram que enquanto não forem tomadas as devidas precauções quanto à qualidade dos equipamentos e instalações dos postos de combustíveis, esses empreendimentos representam grande potencial poluidor, principalmente nos tanques de armazenamento subterrâneo de combustível com idade superior a 15 anos.

Mindrisz (2006) avaliou a qualidade da água de poços tubulares utilizada para abastecimento urbano em Santo André (SP), em áreas de ocorrência de vazamento de combustível por postos revendedores. Os níveis de BTEX encontrados nos 12 poços avaliados estavam abaixo dos valores estabelecidos pelo Ministério da Saúde para a água de consumo humano.

No Distrito Federal, ocorreu em 2002, um acidente ambiental de grande magnitude ocasionado por vazamento de combustível num posto revendedor localizado na Rodovia BR-020, Km 2,2 na Região Administrativa de Sobradinho. Foram removidos da água subterrânea um volume de combustível de fase livre de 2.935 litros de gasolina e de 118,1 litros de diesel. Neste acidente, solo e águas subterrâneas foram profundamente

contaminados (MORAES e RIBEIRO, 2004; LARANJA e FISHER *et al*, 2003). Moraes e Ribeiro (2004) relata a exposição de trabalhadores do posto e das lojas comerciais, bem como de moradores de condomínios da área de influência, mas não há uma avaliação quantitativa do risco. Laranja e Fisher (2003) menciona que laudos toxicológicos dos moradores da área afetada (Chácara 06) evidenciam a exposição e que a contaminação era proveniente do lançamento de efluentes e do vazamento do tanque de gasolina, mas não apresentam dados quantitativos da intoxicação.

As dificuldades tecnológicas e econômicas associadas à remediação de solos e aquíferos e a falta de critérios de qualidade ambiental que levem em consideração fatores específicos do local contaminado têm dificultado tanto as ações dos órgãos de controle ambiental como a das partes responsáveis pela contaminação (CORSEUIL, 1997).

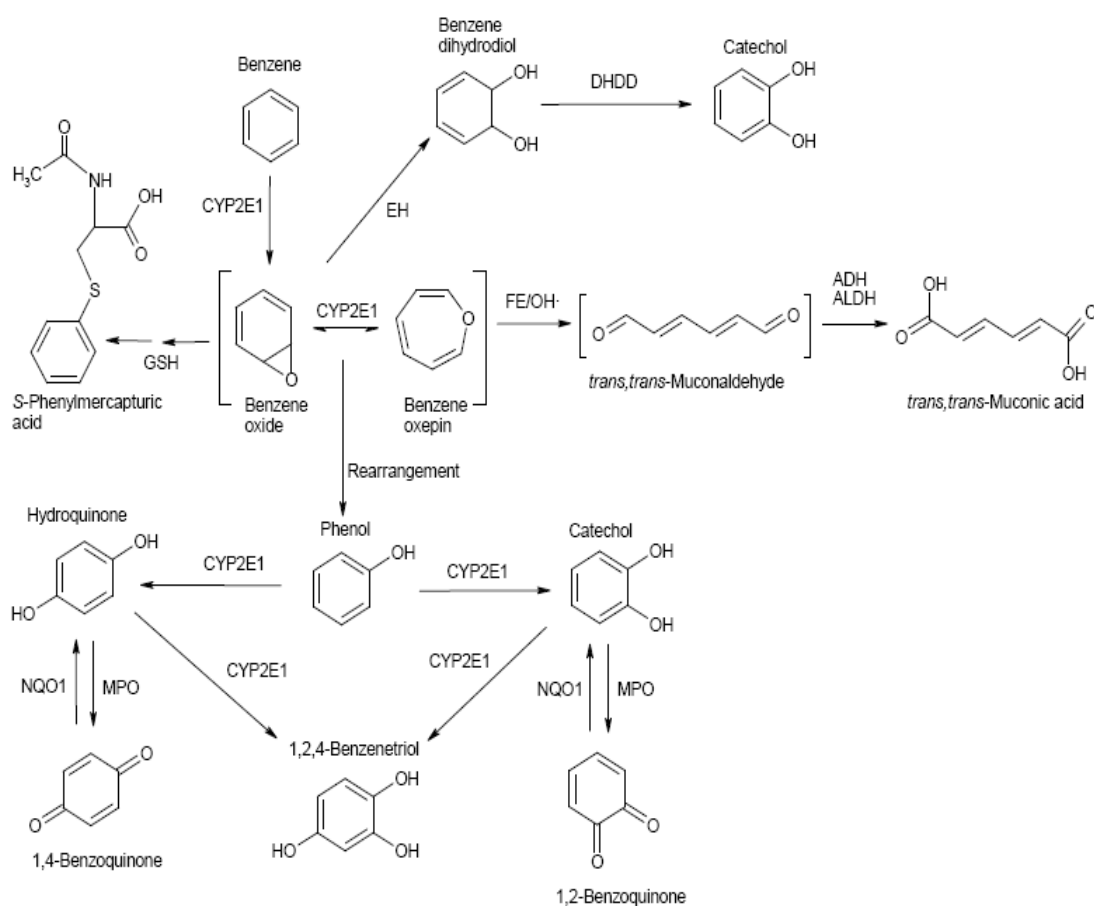
#### **IV. BTEX - efeitos adversos**

Os efeitos tóxicos das marés negras sobre a fauna marinha alertaram para os efeitos danosos do benzeno, tolueno e xilenos ao organismo humano e outros seres vivos (TIBURTIUS *et al*, 2004). Os hidrocarbonetos quando ingeridos pela fauna passam através da parede intestinal e se tornam parte da reserva lipídica. Quando dissolvidos no tecido adiposo são preservados e pelo mecanismo de transferência de energia (cadeia alimentar) passam da presa para o predador sem alterações da estrutura e, eventualmente ao homem.

Caracterizar os efeitos adversos à saúde decorrente da exposição a contaminantes ambientais requer considerar as variáveis referentes à *toxicocinética* (como os contaminantes penetram no organismo (absorção), se distribuem e são acumulados, metabolizados e eliminados), a *toxicodinâmica* (ação tóxica exercida pelos contaminantes sobre o sistema biológico) e as principais *manifestações clínicas* (surgimento de sinais e sintomas que compõem o quadro clínico das intoxicações) (BRASIL, 2004b; CÂMARA e TAMBELINI, 2003). A exposição a múltiplos compostos pode resultar num maior (ou menor) perigo ou risco do que seria esperado pela exposição a um composto único, devido a várias interações possíveis entre eles, como sinergia, potenciação ou antagonismo (ATSDR, 2004a).

O benzeno é rápido e extensamente absorvido por inalação e ingestão. Sendo a absorção através da pele rápida, mas não extensiva devido à evaporação. A distribuição é preferencialmente para a medula óssea e tecidos com alta taxa de perfusão ou alto teor lipídico. É inicialmente metabolizado no fígado e posteriormente na medula óssea,

produzindo como principal metabólito no fígado o fenol e a hidroquinona, catecol e 1, 2, 4 trihidroxibenzeno no fígado e medula óssea. Esses metabólitos são excretados na urina (Figura 4). O benzeno oxidado também pode ser metabolizado formando o ácido S-fenil mercaptúrico. Aproximadamente 17% do benzeno absorvido é excretado pela respiração numa eliminação trifásica com uma meia-vida de aproximadamente 1 hora, 3 horas e mais de 15 horas. Na excreção urinária, que corresponde a 33% do benzeno absorvido, ocorre primeiramente a eliminação de fenol (cerca de 6 e 28 horas após início da exposição) e depois de ácido mucônico e S-fenil-N-acetil cisteína. (ATSDR, 2007).



ADH = alcohol dehydrogenase; ALDH = aldehyde dehydrogenase; CYP2E1 = cytochrome P-450 2E1; DHDD = dihydrodiol dehydrogenase; EH = epoxide hydrolase; GSH = glutathione; MPO = myeloperoxidase; NQO1 = NAD(P)H:quinone oxidoreductase

Fonte: ATSDR, 2007

**Figura 4.** Metabolismo do benzeno no organismo humano

A exposição aguda ao benzeno provoca efeitos tóxicos no sistema nervoso central causando narcose e excitação seguida de sonolência, tonturas, cefaléia, náuseas,

taquicardia, dificuldade respiratória, tremores, convulsões, perda da consciência e óbito. E a exposição crônica provoca alterações hematológicas que correspondem, sobretudo, a hipoplasia, displasia e aplasia da medula óssea; alterações neuro-psicológicas e neurológicas relacionadas à atenção, percepção, memória, habilidade motora, visoespacial, viso-construtiva, função executiva, raciocínio lógico, linguagem, aprendizagem e humor; bem como alterações cromossômicas numéricas e estruturais em linfócitos e células da medula óssea. Quadros de polineuropatias periféricas e mielites transversas e alterações periféricas ou centrais no sistema auditivo (perdas auditivas neurossensoriais, zumbidos, vertigens e dificuldades no processamento auditivo) também são descritas (BRASIL, 2004c).

O caráter leucemogênico do benzeno é amplamente reconhecido, sendo a leucemia mielóide aguda a mais freqüente. A toxicidade está também relacionada ao surgimento de outras formas de doenças onco-hematológicas, como linfoma não-Hodgkin, mieloma múltiplo e mielofibrose, embora em menor freqüência (BRASIL, 2004c; U.S.EPA, 1997).

Segundo Aksoy (1989), a suspeita de ser o benzeno um agente leucemogênico e carcinogênico data de 1879 com a descrição de um caso de leucemia por Le Noire e Claude. O primeiro estudo epidemiológico foi realizado por esse autor em 1974 com sapateiros de Istambul (Turquia) cronicamente expostos ao benzeno, cuja incidência de leucemia ( $13,59 \times 10^{-5}$ ) era superior ao dobro da encontrada na população em geral.

A ATSDR (2007) cita uma série de estudos epidemiológicos que relacionam efeitos hematológicos com a exposição ocupacional ao benzeno, a exemplo de Doskin, 1971; Midzenski et al. 1992; Aksoy et al. 1974; Aksoy, 1980; EPA 1995; Hayes et al. 1997; IARC 1982, 1987; IRIS 2007; Rinsky et al. 1987, 2002; Yin et al. 1987c, 1996a, 1996b; Qu et al., 2002, 2003a, 2003b e Lan et al. 2004a, 2004b. Assim como os estudos de Collins et al., 1991 e Tsai et al., 1983, 2004 que não evidenciaram prevalência de alterações hematológicas em trabalhadores expostos ao benzeno quando comparados aos não expostos (controle). Com referência ao potencial leucemogênico do benzeno cita o estudo de cohort em trabalhadores (*rubberwork*) da Pliofilm em Ohio (U.S.A) por Rinsky et al. 1981, 1987, 2002 e na China em trabalhadores cuja atividade utilizava tintas, vernizes e colas contendo benzeno (Hayes et al. 1997; Yin et al. 1996a, 1996b).

Aberrações cromossômicas em seres humanos são frequentemente demonstradas em linfócitos do sangue periférico e medula óssea de trabalhadores expostos a altas concentrações de benzeno, principalmente pela via inalatória e dérmica. A ATSDR (2007)



cita uma série de estudos referentes a genotoxicidade do benzeno em humanos, a exemplo dos seguintes estudos relativos a exposição ocupacional crônica ao benzeno:

- Sasiadek e Jagielski 1990; Sasiadek et al.1989 – acréscimo de duas vezes mais efeitos não randomizados nos cromossomos 1, 2,4 e 9, nas quebras não randomizadas nos cromossomos 2, 4 e 9 e falhas (*gaps*) nos cromossomos 1 e 2 quando comparado com os não expostos (controle),
- Smith *et al.* 1998 - acréscimo significativo de hiperplóidia do cromossomo 8 e 21 e translocação entre os cromossomos 8 e 21,

As limitações de estudos epidemiológicos devem ser consideradas, e incluem a falta de dados precisos sobre a exposição, possível co-exposição a outros produtos químicos e falta de grupo-controle adequado.

O etilbenzeno é rapidamente absorvido pela via respiratória e pelo contato dérmico (estado líquido). Distribuído principalmente para o tecido adiposo, fígado e músculos é metabolizado por reações de hidroxilação formando numerosos metabólitos sendo um deles o ácido mandélico (64-70%), que é excretado na urina. Esse metabólito é eliminado após a exposição em dois tempos: nas primeiras três horas (fase rápida) e nas 25 horas (fase lenta). A inalação aguda de etilbenzeno pode ocasionar irritação nos olhos e garganta, enquanto que a níveis altos pode causar vertigem e enjôo. Não se tem informação se ocorrem efeitos adversos em crianças ou mesmo efeitos teratogênicos. Experimentos em animais revelaram efeito sobre a audição, danos renais e tumores renais em ratas e tumores de pulmão e fígado em ratos (ATSDR, 2007a).

O tolueno é rapidamente absorvido pelo trato respiratório e gastrointestinal, e menos extensivamente pela pele. O processo metabólico inicia-se no fígado através da hidroxilação pela isozima citocromo P450 (CYP) formando o álcool benzílico, que posteriormente é oxidado originando o ácido benzóico, que conjugado com a glicina forma o ácido hipúrico e conjugado com o ácido glucorônico origina o acilglucuronato. Uma pequena porção do álcool benzílico é conjugado com a glutatona formando o ácido S-benzil mercapturico. O tolueno pode também ser convertido pelo citocromo CYP1A2, CYP2B2, ou CYP2E1 em orto ou para-cresol.

O tolueno absorvido pela via respiratória é distribuído através da corrente sanguínea (associado com a hemoglobina) aos tecidos ricos em lipídeos e altamente vascularizados, como o cérebro. A distribuição pela via digestiva leva ao fígado, pâncreas, cérebro, coração, sangue, tecido adiposo e fluido cérebro-espinhal. A excreção é predominantemente na urina como metabólito (ácido hipúrico (70-80%), orto e para-cresol,

conjugados de sulfato e glucoronato, ácido S-benzil mercapturico e ácido S-*p*-toluil mercapturico) e em menor extensão no ar exalado sem metabolização. Os efeitos adversos ocasionados pela exposição a baixos ou moderados níveis de concentração ocasiona cansaço, confusão, debilidade, perda de memória, náusea, perda de apetite e perda da audição e visão; sintomas esses que podem desaparecer quando cessa a exposição. A inalação de altos níveis pode ocasionar enjôo, sonolência, perda de consciência e óbito (ATSDR, 2000).

Os xilenos são absorvidos pela via digestiva (90%) e pela via inalatória (60%), sendo a via dérmica menos expressiva. Esses são distribuídos para o tecido adiposo e todos os três isômeros metabolizados no fígado por oxidação e conjugação com a glicina formando o ácido metil-hipúrico que é excretado na urina (95%) e no ar exalado (5%). Não existem descritos efeitos adversos causados pela exposição aos xilenos em concentrações que ocorrem normalmente no ambiente. No entanto, a exposição aguda a altos níveis de xilenos pode ocasionar irritação (pele, olhos, nariz e garganta), dificuldade para respirar, problemas pulmonares, falta de memória e possivelmente alterações hepáticas e renais. Exposições crônicas podem causar perda de consciência e óbito (ATSDR, 2007b).

## **V. Acompanhamento da saúde dos expostos ou potencialmente expostos ao BTEX**

A avaliação da exposição, associada aos conhecimentos relativos aos efeitos na saúde e os limites considerados seguros, permite estabelecer as prioridades e as formas de intervenção efetiva para proteger uma população dos riscos químicos (AMORIM, 2003).

A detecção precoce de uma exposição a substâncias perigosas pode diminuir significativamente a ocorrência de efeitos adversos na saúde. A *Monitorização Biológica* pode ajudar neste propósito. Essa consiste na medição da substância no ambiente e/ou de seus metabólitos nos meios biológicos (tecidos, excreções e ar exalado). Os parâmetros biológicos avaliados são denominados indicadores biológicos ou biomarcadores, cuja característica pode ser: bioquímica, fisiológica, morfológica ou histológica (AMORIM, 2003).

Os biomarcadores podem ser: a) *de exposição* quando detectam e mensuram a quantidade de uma substância química ou de seus metabólitos ou o produto da interação dessa com o organismo; b) *de efeito* quando detectam as alterações bioquímicas, fisiológicas ou outra alteração nos tecidos ou fluidos corporais que possam estar associados

a uma doença ou a possível dano a saúde; e c) *de suscetibilidade* quando identificam indivíduos na população que respondem diferentemente a exposição devido a fatores genéticos e mudanças nos receptores, ou seja, decorrentes de fatores pré-existentes e independentes da exposição.

Para avaliação da exposição ocupacional ao benzeno, em baixos níveis de concentração no ar, preconiza-se como indicador biológico urinário o ácido trans-trans-mucônico urinário (AttM-U). Esse é recomendado pela Comissão Nacional Permanente do Benzeno-CNPBz como indicador biológico de exposição (IBE). De especificidade média tem sua concentração influenciada por alguns fatores: a) hábito de fumar, b) exposição simultânea ao tolueno, e c) ingestão de ácido sórbico e seus sais utilizados como conservantes em alimentos como queijo, carnes, peixe desidratado, vegetais em conserva e bebidas. Há suspeitas que hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) também possam interferir nesta avaliação.

O Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece na Portaria nº 14, de 21 de dezembro de 1995, no Anexo 13A, que a concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo (VRT-MPT) é de 1 ppm (parte por milhão) para as empresas que produzem armazenam, utilizam ou manipulam benzeno em suas misturas líquidas contendo 1% ou mais de volume e aquelas por elas contratadas, exceto às atividades de armazenamento, transporte, distribuição, venda e uso de combustíveis derivados de petróleo. Para as empresas siderúrgicas o VRT-MPT é de 2,5 ppm. A relação entre a concentração de AttM-U nos indivíduos expostos e a concentração de benzeno no ar é mostrada na Tabela 4. Para uma exposição ocupacional à 1 ppm de benzeno, o valor máximo de AttM-U nos trabalhadores expostos sem que ocorra um risco à saúde é de 1,6 mg/g de creatinina (BRASIL, 2001). Considerando que a percepção do odor do benzeno é detectável a uma concentração de 1,5 a 4,7 ppm (ATSDR, 2007) as concentrações de AttM-U na urina da população ocupacionalmente exposta deve variar na faixa de 1,6 a 4,2mg/g de creatinina.

**Tabela 4** - Correlação das concentrações de AttM-U e benzeno no ar, considerando 1,2 grama de creatinina por litro de urina

<b>Benzeno no ar (ppm)</b>	<b>Benzeno no ar (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>AttM-U (mg/l)</b>	<b>AttM-U (mg/grama creatinina)</b>
0,3	1,0	-	-

<b>Benzeno no ar (ppm)</b>	<b>Benzeno no ar (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>AttM-U (mg/l)</b>	<b>AttM-U (mg/grama creatinina)</b>
0,6	2,0	1,6	1,3
0,9	3,0	-	-
<b>1,0</b>	<b>3,3</b>	<b>2</b>	<b>1,6</b>
2	6,5	3	2,5
4	13	5	4,2
6	19,5	7	5,8

A legislação brasileira estabelece um valor de referência de até 0,5mg/g de creatinina para análise de AttM-U em exposições não ocupacionais ao benzeno (BRASIL, 2001).

Estudos realizados em ambientes onde não há exposição ocupacional ao benzeno, têm mostrado dados bastante variados de AttM-U em populações de fumantes e não fumantes (Tabela 5).

**Tabela 5** - Concentração de AttM-U, em fumantes e não fumantes de população não exposta ao benzeno.

<b>Fumantes</b>	<b>Não Fumantes</b>
0,075 mg/g* (0,025-0,175)	0,025 mg/g*
0,09 mg/g*	0,05 mg/g*
0,25 mg/l** (0,06-0,43)	0,13 mg/l** (0,03-0,33)
0,207 mg/g* (média 20 cigarros)	0,067 mg/g*
0,19 mg/g*	0,14 mg/g*

\* mg/g = miligrama de ácido trans,trans mucônico por grama de creatinina

\*\* mg/l = miligrama de ácido trans,trans mucônico por litro de urina

Fonte: BRASIL, 2001

Em trabalhadores expostos, não ocupacionalmente ao benzeno, a concentração do AttM-U geralmente está abaixo de 0,5 mg/g de creatinina, e sua presença é atribuída ao hábito de fumar, a poluição urbana pelos automóveis e a presença de ácido sórbico na dieta.

Os compostos BTEX frequentemente ocorrem juntos em áreas contaminadas, sendo bem absorvidos pelo organismo humano e distribuídos a tecidos ricos em lipídeos e altamente vascularizados como o cérebro, medula óssea e tecido adiposo. Não existem informações sobre a resposta tóxica ou carcinogênica da mistura BTEX, por isso considera-se como efeitos decorrentes da exposição: o efeito comum (neurológico) e o efeito único (hematológico, imunológico e carcinogênico) específico do benzeno, mesmo em baixas concentrações (ATSDR, 2004a; IARC, 1999).

No Brasil, o diagnóstico da intoxicação ao benzeno é estabelecido para exposição ocupacional e fundamenta-se na história de exposição ocupacional, na observação de sintomas e sinais clínicos (astenia, mialgia, sonolência, tontura e sinais infecciosos de repetição, que ocorrem em aproximadamente 60% dos casos) e nos achados laboratoriais (neutropenia, leucopenia, eosinofilia, linfocitopenia, monocitopenia, macrocitose, pontilhado basófilo, hiposegmentação dos neutrófilos (pseudo Pelger) e plaquetopenia). O protocolo de investigação, para casos suspeitos, estabelece uma série de informações e procedimentos (Quadro 1) (BRASIL, 2004c).

**Quadro 1** – Informações e procedimentos do Protocolo de Investigação de Casos Suspeitos de Intoxicação a Benzeno, devido a exposição ocupacional.

---

#### **Informações e Procedimentos**

---

- a) *História Clínica Atual e Progressiva*, incluindo a investigação de exposição a agentes mielotóxicos (medicamentos, radiação ionizante, entre outros), antecedentes pessoais e familiares e exame físico completo.
- b) *História Ocupacional Atual*, com informação sobre as empresas, setores, funções, tarefas e respectivos períodos de trabalho
- c) *Levantamento dos Dados Hematológicos*, inclusive os anteriores à admissão na empresa suspeita de causadora da toxicidade
- d) *Exames Complementares*
  - Hemograma com análise quantitativa e qualitativa das três séries sanguíneas e contagem de reticulócitos. Na ausência da série histórica, realizar três hemogramas com intervalo de 15 dias.
  - Transaminases (AST e ALT), gama glutamil transferase, bilirrubinas totais e frações e LDH.
  - Provas de atividades reumáticas ou inflamatórias: VHS, Proteína C reativa e FAN.
  - Marcadores de Hepatite B e C (anti-HBs Ag, anti-HBc – IgM e anti-HCV).
  - Anti-HIV
- e) *Estudo da Medula Óssea* (biópsia de medula óssea e mielograma), sempre que indicados clinicamente
- f) *Outros Exames*, de acordo com o exame clínico

---

## **Informações e Procedimentos**

---

### *g) Outras Investigações*

- Avaliação sobre o Sistema Nervoso Central (queixas neuropsicológicas e neuropsiquiátricas, efeitos ototóxicos e alterações citogenéticas), sempre que necessário.
- Avaliação Neuropsicológica/Neurocomportamental (investigação dos efeitos neurotóxicos sobre os processos psíquicos estabelecendo-se a presença ou não de disfunção cognitiva e distúrbios afetivos e localizar alterações sutis), a fim de detectar as disfunções ainda em estágios iniciais.
- Distúrbios de memória de curto prazo, raciocínio e resoluções de problemas, execução de tarefas viso-construtivas ou verbais e habilidade de planejar.
- Avaliação das alterações neuropsicológicas (testes específicos, padronizados e de entrevista clínica).
- Avaliação Neurológica (audiometria tonal por via aérea e óssea e a audiometria vocal)
- Outros testes audiológicos (imitanciometria, exame vestibular, otoemissão acústica, audiometria de tronco cerebral e provas de processamento auditivo para complementar informações sobre o topodiagnóstico da lesão).

---

Fonte: BRASIL, 2004c

O Ministério da Saúde recomenda que, identificando-se uma população exposta ou sob risco de exposição a contaminantes ambientais, se elabore os protocolos de vigilância e atenção à saúde. A avaliação inicial para todos os indivíduos deve ser realizada num prazo máximo de 12 meses e o acompanhamento da saúde dessa população (avaliações periódicas) no mínimo de 15 anos. Ao final do prazo de acompanhamento propõe uma reavaliação, pois poderão ocorrer novas informações e evidências; e algumas situações podem demandar acompanhamento de saúde continuado (BRASIL, 2007).

## **VI. Avaliação de risco**

A toxicologia ambiental estuda o impacto na biota (plantas, animais e microorganismos) e na saúde humana advindo da exposição a substâncias tóxicas que contaminam os alimentos, a água, o solo ou o ar (FERREIRA *et al*, 2004; ATSDR, 2002; PENÃ *et al*, 2001). Para o entendimento dessa ciência torna-se necessário distinguir alguns termos como perigo, risco e exposição.

O termo *perigo* define a capacidade de uma substância, mistura de substâncias ou processos em produzir efeitos adversos nos organismos ou no ambiente, ou simplesmente é a fonte potencial de danos por exposição passada, presente ou futura (ATSDR, 1992). Quando existe a probabilidade de que numa dada situação ocorra um dano ou se produza

um evento adverso (óbito, lesão ou perda) causado pela exposição a um determinado perigo, diz-se haver um *risco* (FERREIRA *et al*, 2004; CEPIS, 2000; ATSDR, 1992). Para os indivíduos ou população o risco está diretamente associado à exposição à substância perigosa ou tóxica e a sua toxicidade (MAGALHÃES, 2000).

### **Risco = Toxicidade X Exposição**

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2003) adotou para o estado de São Paulo o conceito de *Risco Social* (risco atribuído a um determinado número ou agrupamento de pessoas expostas aos danos decorrentes de um ou mais cenários acidentais) e de *Risco Individual* (risco atribuído a uma pessoa presente na vizinhança de um perigo, considerando a natureza do dano e o período de tempo em que este pode acontecer).

Para que exista um risco é necessária à exposição a uma substância perigosa e que essa exposição represente um perigo a saúde. A exposição pode ser curta (exposição aguda), intermediária ou longa (exposição crônica). A magnitude da exposição é determinada, para um período específico, pela medida ou estimativa da quantidade (concentração) do agente na superfície de contato decorrente da via inalatória, oral e dérmica. O caminho (deslocamento) que segue um agente químico no ambiente desde a fonte (origem) até o contato com o indivíduo ou população exposta denomina-se rota de exposição. Essa descreve a fonte e os mecanismos de emissão do agente, meios de retenção e transporte, ponto de contato potencial entre o meio contaminado e o receptor (indivíduo ou população exposta ou potencialmente exposta), e por fim a via de ingresso no organismo. Após o contato, a substância tóxica ingressa no organismo por meio da ingestão, respiração ou contato dérmico; atravessa as membranas biológicas e é transportada pelo sangue e linfa ao(s) órgão(s) alvo(s) onde ocasionará danos (BRASIL, 2004b; CEPIS, 2000; ATSDR, 2000).

A exposição humana a agentes químicos está associada, portanto, a existência de uma área ou sítio contaminado que desencadeia uma série de efeitos sociais, econômicos, psicossociais e ambientais que podem culminar em episódios de morbidade e mortalidade (HACON *et al*, 2005). O termo área contaminada se refere à área, local ou terreno onde há comprovadamente contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou

infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se nos diferentes compartimentos do ambiente e serem transportados, a partir desses meios, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores. Entendam-se como bens a proteger: a saúde e o bem-estar da população; a fauna e a flora; a qualidade do solo, das águas e do ar; os interesses de proteção à natureza/paisagem; a ordenação territorial e planejamento regional e urbano; e a segurança e ordem pública (CETESB, 2001; BRASIL, 1981).

Portanto, não basta conceituar o risco como uma relação traduzida pela probabilidade de ocorrência de um evento relativo a uma dada magnitude, é necessário quantificar esta relação para que o conceito de causa-efeito e a tomada de decisão possam estar pautados em prioridades quantificadas associadas à gravidade do dano (HACON *et al*, 2005).

A ferramenta para determinar a natureza e magnitude do risco é a avaliação de risco, que objetiva identificar e estimar a possibilidade de uma exposição a um determinado poluente produzir efeito adverso à saúde. A base da avaliação de risco está nos componentes: contaminante(s) perigoso(s), vetores de exposição e receptores, considerando que muitos contaminantes podem estar presentes simultaneamente (puros ou em mistura) nos vários compartimentos ambientais (KOLESNIKOVAS, 2006; CAMACHO, 2004; AZAMBUJA *et al*, 2000).

A avaliação de risco, de modo geral, é a caracterização qualitativa e quantitativa de efeitos adversos à saúde em indivíduos ou populações, e determina se o risco enfrentado pela exposição humana a um perigo ambiental é tolerável. A determinação e caracterização do risco são feitas pela análise das informações relativas à área contaminada, pela avaliação da exposição (estimativa da magnitude, frequência e duração da exposição, rotas e vias de exposição), pela avaliação da toxicidade (existência de efeitos adversos à saúde como câncer, não câncer e efeitos sobre o desenvolvimento) e pela caracterização do risco (tolerável ou não). Quando os riscos existentes não são toleráveis deve-se promover a “limpeza” da área contaminada de forma a reduzir a concentração do(s) contaminante(s) a um nível aceitável (REIS, 2004; PENÃ *et al*, 2001; MAGALHÃES, 2000).

O risco potencial à saúde devido a um efeito carcinogênico é considerado existente quando o risco for maior que  $10^{-6}$  (1 caso adicional de câncer para 1 milhão de habitantes) e para o efeito não carcinogênico quando o quociente de risco for maior que 1 (um) (SILVA *et al*, 2002; MAGALHÃES, 2000; U.S.EPA, 1989).



Esses parâmetros são utilizados pela U.S.EPA como critérios para a decisão de remediar ou não áreas contaminadas, ou seja, somente áreas que se enquadram num risco de câncer maior que  $10^{-6}$  e efeitos adversos não câncer com quociente de risco maior que 1 (um) serão remediadas (SILVA *et al*, 2002).

As etapas de construção da avaliação de risco são semelhantes nas diversas metodologias existentes (MAGALHÃES, 2000) e inclui de forma genérica os itens:

- *Identificação e caracterização do perigo* através de estudos *in vivo* em modelos animais, provas *in vitro* em cultivo de células e tecidos, e estudos epidemiológicos.

- *Avaliação da Exposição*, compreende a seleção das rotas de exposição relevantes, cálculo de dose (para cada rota) e o tempo de exposição em função de sua duração e frequência.

- *Caracterização do Risco*, é a determinação do risco aceitável e inclui análise de percepção do risco, análise de custo-benefício e análise de decisão.

- *Comunicação de Risco*, é a etapa de troca de informações entre os envolvidos acerca dos níveis de risco a saúde ou ao ambiente, a importância desses riscos, tipos de decisões, ações ou políticas existentes para controlar ou manejar o risco, entre outras. Os meios de comunicação atuam nessa etapa, e em geral enfatizam mais o drama do que às informações científicas que devam chegar aos grupos alvos.

A tomada de decisão para aplicação da avaliação de risco em áreas contaminadas pode ser disparada por razões distintas, como por demanda da população em decorrência de sua preocupação com a saúde, para cumprimento à legislação ou perante litígios e para autorização de mudanças no uso do solo, por exemplo.

Dois métodos são empregados mundialmente, a Avaliação de Risco preconizada pela U.S.EPA e a Avaliação de Saúde preconizada pela ATSDR. A análise dos dados dessas metodologias tem por base os parâmetros estabelecidos no *Guidelines for Exposure Assessment* (U.S.EPA, 1992) e no *Public Health Assessment Guidance Manual* (ATSDR, 2002).

Em cenários com vazamento de hidrocarbonetos de petróleo a metodologia mais divulgada é a RBCA (*Risk Based Corrective Action*) desenvolvida pela agência americana ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e descrita nas normas ASTM E1739/95 (*Standard Guide for Risk-Based Corrective Action/RBCA Applied at Petroleum Release Sites*) e ASTM E1912/98 (*Standard Guide for Accelerated Site Characterization for confirmed or Suspected Petroleum Releases*). O uso dessa metodologia tem sido

incentivada nos estados norte-americanos, desde 1996, pelo Programa de Implementação do RBCA (*Partnership in RBCA Implementation – PIRI*) em parceria com a U.S.EPA. Esse método, com adaptações, também tem sua indicação no Canadá e na Europa (*European Oil Industry Guideline for Risk-Based Assessment of Contaminated Sites*) (Maximiano, 2001).

Metodologia RBCA (TAKEUCHI, 2008; MICHELS *et al*, 2004; MAXIMIANO, 2001; FINOTTI e CORSEUIL, 1997)

É aplicada quando existe a suposição ou confirmação de concentrações de hidrocarbonetos derivados de petróleo, tal que possa ocasionar algum tipo de efeito adverso à saúde humana e/ou ao meio ambiente. O passo inicial é a obtenção de informações sobre a área potencialmente contaminada (dados históricos, principais contaminantes, extensão da área impactada, prováveis caminhos de exposição ao contaminante, e receptores potenciais). A partir dessas informações a área é classificada em *Tipo 1* (risco imediato), *Tipo 2* (risco a curto prazo, até 2 anos), *Tipo 3* (risco a longo prazo, mais de 2 anos); e *Tipo 4* (sem nenhum risco demonstrável) de acordo com o risco que possa ocasionar a saúde humana, a segurança e ao meio ambiente.

A ação emergencial (resposta inicial) ocorre quando se identifica na área índices de explosividade e presença de hidrocarbonetos em fase livre em águas subterrâneas ou utilidades subterrâneas. Essa ação objetiva minimizar ou eliminar o vazamento, conscientizar a população local com relação ao problema, isolar receptores potenciais, retirar o combustível encontrado em fase livre na área impactada e diminuir as concentrações do combustível na fase de vapor na área impactada. Se não for o caso, dá-se continuidade a avaliação de risco realizando as etapas: *Tier 1*, *Tier 2* e, *Tier 3* (Figura 5).

Na primeira etapa (*Tier 1*) faz-se a comparação entre as maiores concentrações encontradas do contaminante no ponto de exposição e o NABR (Nível Aceitável com Base no Risco) ou RBSL (*Risk Based Screening Level*) obtido por modelagem matemática utilizando-se dados regionais, portanto não específicos da área contaminada. Nessa etapa é assumido no modelo conceitual um cenário conservador onde todos os receptores encontram-se sobre a área contaminada (área fonte) e que as concentrações dos contaminantes não estão sujeitas à atenuação.

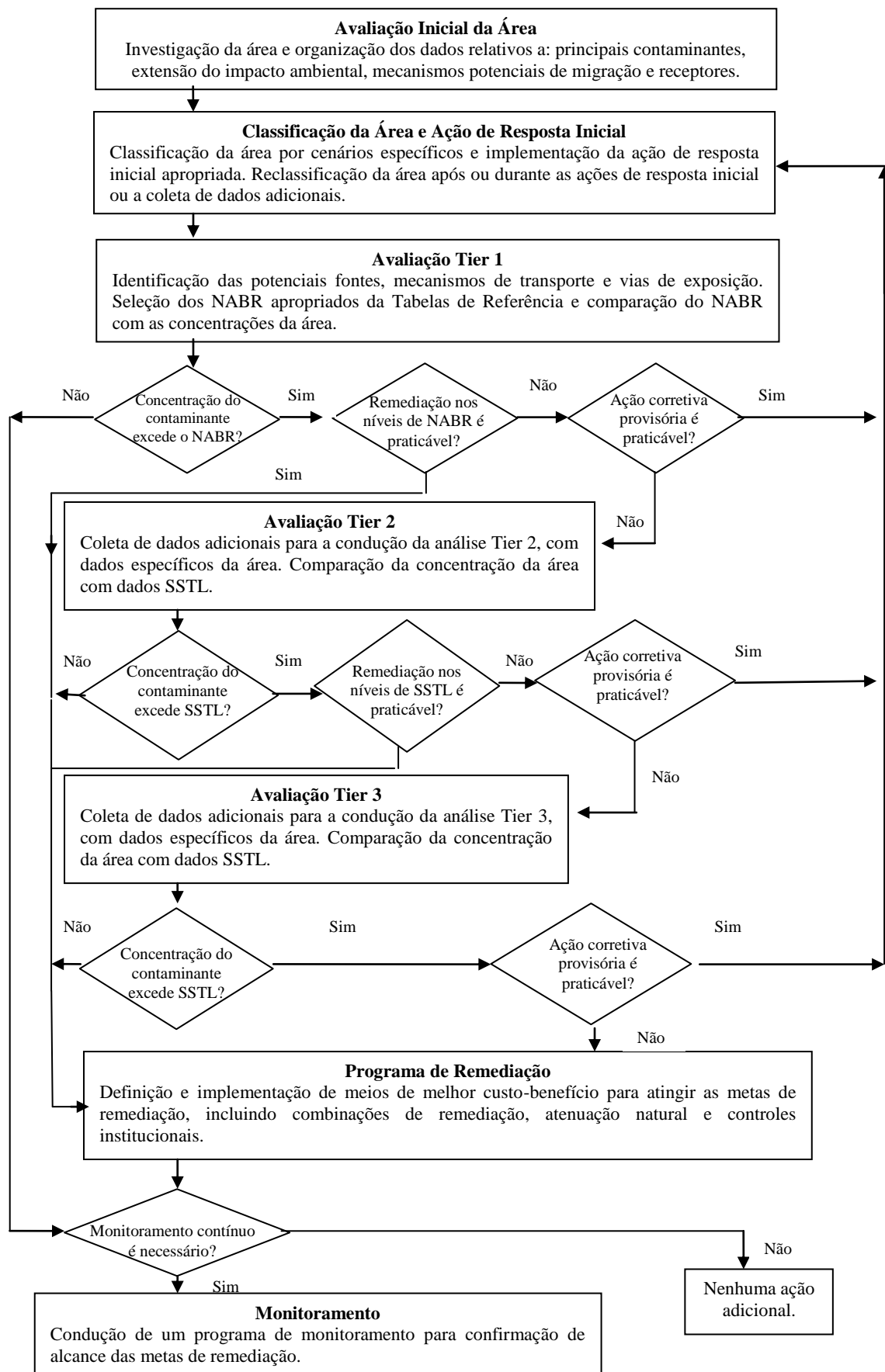
Se o resultado é aceitável (inferior ao NABR) a área impactada e as áreas próximas devem ser monitoradas não sendo necessárias ações imediatas de remediação. Caso

contrário, medidas de remediação devem ser propostas considerando a viabilidade técnica e o seu custo-benefício. Em geral, devido aos altos custos da remediação, a avaliação passa para um nível mais detalhado e específico da área contaminada (*Tier 2*).

Na etapa (*Tier 2*) são gerados os Níveis Aceitáveis Específicos da Área (NAEA) ou SSTL (*Site Specific Target Level*). O modelo conceitual inclui os receptores localizados próximo da área fonte, constituindo um cenário mais realista e menos conservador que na etapa anterior (*Tier 1*). Nesta etapa são utilizados modelos analíticos para transporte de solutos. Se os receptores estão expostos a níveis aceitáveis de exposição passa-se a monitorar a área, caso contrário pode-se partir para remediar a área ou a passagem para *Tier 3*.

A passagem do estágio *Tier 2* para *Tier 3* está associada à necessidade de obtenção de metas de remediação mais próximas da realidade, que resultem na diminuição da concentração dos contaminantes a um nível seguro para cada via de exposição e receptores considerados. O grau de proteção ao meio ambiente nessas etapas é o mesmo adotado em *Tier 1*. A diferença entre *Tier 1* e as subseqüentes etapas é que se aumenta as coletas de dados específicos da área, o refino dos modelos de transporte e o custo financeiro a ser aplicado. As vantagens das etapas *Tier 2 e 3* é a elaboração de projetos de correção mais efetivos e a aplicação de parâmetros comparativos em pontos de exposição específicos fora da área considerando-se a atenuação natural a que fica submetida à pluma de contaminante.

No Brasil, os principais esforços para utilização dessa metodologia têm se concentrado nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro devido às exigências de seus órgãos ambientais. Essa metodologia também é muito utilizada pelas empresas consultoras de meio ambiente para casos de vazamentos de combustível em postos revendedores. Em São Paulo a Câmara Ambiental do Comércio de Derivados de Petróleo criou um comitê, formado por especialistas da CETESB (órgão ambiental), companhias de petróleo (BR, Ipiranga, Esso e Shell), empresas brasileiras de engenharia ambiental e consultores internacionais para padronizar a metodologia RBCA para o Estado. Em 2000 formalizou o procedimento: Ações Corretivas Baseadas em Risco Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos (ACBR).



**Figura 5** – Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco RBCA (modificado de ASTM, 1995).

Metodologia da U.S.EPA (MAXIMIANO, 2001; MAGALHÃES, 2000; U.S.EPA, 1989).

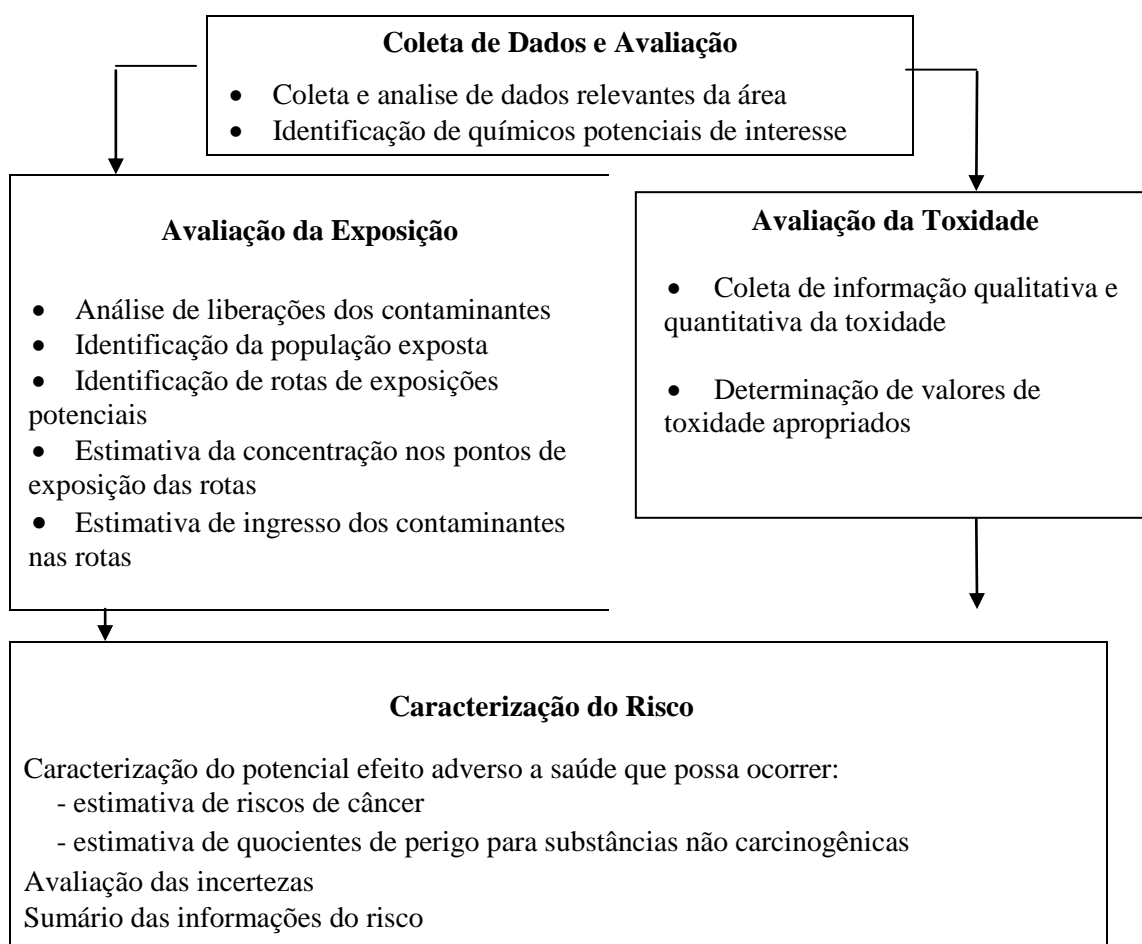
A metodologia proposta pela agência americana U.S.EPA está baseada na realização de quatro etapas (Figura 6):

*Etapa 1- Coleta e avaliação de dados* que consiste no levantamento e análise de dados referentes à área de estudo, inclusive da identificação do contaminante de interesse.

*Etapa 2- Avaliação da exposição* onde se estima a magnitude da exposição humana atual e/ou futura, a frequência e a duração dessa exposição, bem como a identificação das rotas de exposição considerando o uso do solo atual e futuro.

*Etapa 3- Avaliação da toxicidade* que relaciona a magnitude da exposição e o efeito adverso à saúde (carcinogênico e não carcinogênico) associado a essa. As incertezas também são consideradas nesta etapa.

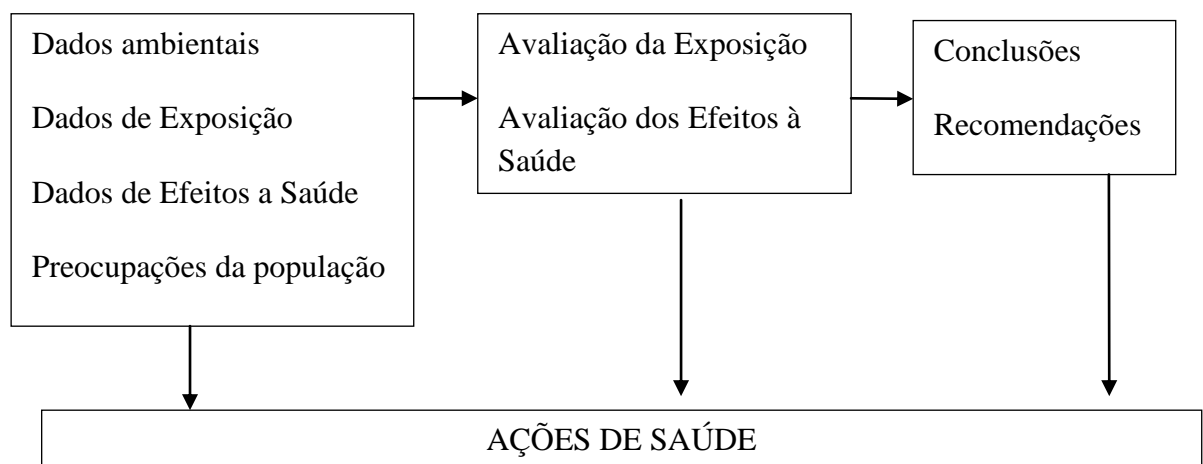
*Etapa 4- Caracterização do risco* que integra os resultados da avaliação da exposição e da avaliação da toxicidade para a exposição atual ou futura na área afetada e área vizinha.



**Figura 6** – Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco da U.S.EPA.

Metodologia ATSDR (ATSDR, 2002)

A avaliação de risco proposta pela agência norte-americana ATSDR (*Public Health Assessment*) consiste na avaliação de dados e informações sobre a substância perigosa presente no ambiente, na avaliação de efeitos sobre a saúde (passado, presente, futuro), na elaboração de recomendações para ações de saúde, e na identificação da necessidade de estudos ou ações para avaliar, mitigar ou prevenir efeitos sobre a saúde humana (ATSDR, \_\_). As etapas que envolvem essa metodologia estão mostradas na Figura 7 e consistem da: a) *avaliação da exposição* que é o ponto principal do processo e consiste na revisão dos dados ambientais (nível de contaminação da área, delimitação da contaminação e exposição das pessoas), e b) *avaliação dos efeitos a saúde* a partir de dados existentes de saúde da população da área afetada (dados médicos, toxicológicos, de estudos epidemiológicos, e/ou dados de registros de doenças). Os grupos vulneráveis (crianças, idosos, pessoas com doenças crônicas e as que podem ter potencialmente a maior exposição) são identificados.



**Figura 7** - Fluxograma da Metodologia de Avaliação de Risco da ATSDR

A avaliação segundo a ATSDR (2001) é um processo dinâmico e interativo que avalia os dados sob várias perspectivas, onde as ações podem ocorrer simultaneamente e/ou requerem esforços repetitivos, por que as áreas investigadas são diferentes. E as recomendações de ações que assegurem a saúde podem ser feitas ao longo do processo, não necessitando que as mesmas sejam realizadas somente quando da finalização do passo a passo do processo.

O levantamento da preocupação da população local com sua saúde é incluído na avaliação de risco, e consiste num processo interativo e dinâmico que resulta numa variedade de produtos e ações de saúde. De forma geral, o processo visa responder questões relativas à natureza e extensão da contaminação, ao tamanho da população envolvida e susceptibilidade existente, as rotas de exposição e aos efeitos à saúde. O processo pode ser assim sistematizado:

#### **Natureza e Extensão da Contaminação**

Qual a extensão espacial e temporal da contaminação? Existe contaminante migrando para fora da área? Que meios tem sido ou continuam sendo afetados (exemplo, água, solo, ar, cadeia alimentar [biota])?

#### **Dados Demográficos (tamanho da população e susceptibilidade)**

Quem está sendo exposto e qual população especial necessita ser considerada (exemplo: crianças, mulheres em idade fértil, fetos, mulheres lactantes, idosos)

#### **Rotas de Exposição (passada, presente e futura)**

Como as pessoas poderiam estar expostas na área contaminada (exemplo: água de consumo, ar, contato dérmico)? Quais as condições de exposição na área (exemplo: duração, frequência e magnitude da exposição)?

#### **Efeitos a Saúde e Dados relacionados a Doenças**

Qual nível de exposição esperada para as substâncias perigosas identificadas em relação aos níveis de efeitos a saúde observados (toxicológico, epidemiológico e médico), e como avaliar os níveis recomendados ou limite de tolerância (exemplo: padrão de qualidade da água)? Existem dados de morbidade e mortalidade comparados com os níveis observados de exposição?

Ao final da avaliação é emitido um relatório final que menciona o nível estimado de risco à saúde e as recomendações associadas a esse risco na forma de ações a serem adotadas pelas diversas áreas de governo. Essas recomendações não necessariamente serão feitas ao final da avaliação. Na implementação dessas ações é disponibilizado recursos financeiros do fundo próprio do governo federal norte-americano (*Superfund law*) independentemente de quem tenha causado a situação de risco à saúde humana (BRASIL, 2006a).

Goldman *et al* (1992), ressaltam a importância da qualidade das informações e, em especial quatro estratégias epidemiológicas que podem ser usadas para avaliar a exposição e seus efeitos: 1) monitorar poluentes ambientais e áreas geográficas adjacentes ou entre subgrupos populacionais, pois podem suprir evidências de exposição humana excessiva a aquele poluente. Esse monitoramento pode ser baseado em conjunto de medidas ou observações individuais, 2) integrar dados de exposição ambiental com dados que contenham informação sobre doenças ou invalidez\deficiência, a exemplo de estudos de natureza ecológica como o uso de dados de exposição a pesticida combinada com registro de incidência de câncer na população, 3) usar dados de exposição ambiental em estudos epidemiológicos analíticos (seccional, longitudinal ou caso-controle) com coleta de informações adicionais sobre a condição da saúde individual tal que a associação entre exposição e doença possa ser identificada, 4) usar estudo de tendência que possa servir como base para outras estratégias como intervenções futuras tal como medidas de controle do poluente para redução do nível de exposição. As informações sobre a área geográfica ou subgrupo populacional devem ser incluídos.

No Brasil, apesar da moderna legislação ambiental vigente não existe a definição de uma metodologia própria, bem definida ou fundo financeiro que possam subsidiar a tomada de decisão (FATORELLI, 2005; MAGALHÃES, 2000; MAXIMIANO, 2001). Além disso, na maioria dos casos, os dados ambientais e de saúde sobre uma área suspeita de contaminação são escassos ou inexistentes. Quando existentes, os dados geralmente não são suficientes ou não atendem aos requisitos para uma avaliação de risco à saúde (BRASIL, 2005a).

Na tentativa de suprir essa deficiência Magalhães (2000) e a CETESB (2001) elaboraram respectivamente o *Manual de Avaliação de Saúde Ambiental para Sítios Contaminados por Resíduos Perigosos* e o *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*, com base nas metodologias da ATSDR e da U.S.EPA. Em 2002, o Ministério da Saúde propõe as secretarias estaduais de saúde, na inserção do Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (BRASIL, 2006a), o uso da metodologia da ATSDR. Essa metodologia foi adaptada à realidade político-institucional e jurídica nacional, e aos direitos e garantias fundamentais do cidadão, segundo a premissa da metodologia da ATSDR (Constituição Federal de 1988, Lei nº8080/90, Lei 8.142/90). A proposição dessa metodologia ocorre após a experiência adquirida com os estudos realizados no país (BRASIL, 2002; BRASIL, 2003; BRASIL, 2004; BRASIL, 2005; BRASIL, 2005b). Os profissionais das secretarias estaduais de



saúde e de meio ambiente passaram a ser capacitados pelo Ministério da Saúde por meio do curso *on line* de “Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Resíduos Perigosos” (BRASIL, 2005a).

A estrutura de execução dessa metodologia compreende a realização das seguintes etapas (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2006a):

- *Informação (caracterização) do local*: consiste na descrição do local, na obtenção de dados relativos aos aspectos demográficos, uso e ocupação do solo e natureza e extensão da contaminação.
- *Resposta às Preocupações da Comunidade*: consiste na identificação da população exposta e de suas preocupações com a saúde decorrente da contaminação, bem como da comunicação clara à população dos resultados da avaliação. A experiência brasileira tem elegido para essa etapa a metodologia qualitativa de Grupo Focal
- *Seleção dos Contaminantes de Interesse*: consiste na identificação dos poluentes/contaminantes, incluindo sua característica físico-química, concentração nos meios ambientais e níveis de concentração basais e parâmetros toxicológicos.
- *Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição*: consiste na identificação dos meios ambientais contaminados, mecanismo de transporte, pontos de exposição humana, via de exposição e populações receptoras. Nessa etapa será estabelecido o risco de exposição.
- *Determinação de Implicações para a Saúde Pública*: consiste na avaliação da exposição, ou seja, comparação das estimações encontradas com as normas de saúde e a determinação dos efeitos à saúde relacionados à exposição e aos fatores que influem nos efeitos adversos.
- *Determinação de Conclusões e Recomendações*: consiste na categorização do risco e recomendação de ações de saúde pública necessárias para mitigar ou prevenir efeitos adversos na saúde.

Em 2006, a CETESB estabelece no procedimento de licenciamento para Postos de Abastecimento, Postos Revendedores, Sistemas Retalhistas e Bases e Distribuição de Combustíveis e Terminais o uso das “Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR)” baseada na metodologia descrita na norma ASTM 20401 (*Guide for Risk Based Corrective Action at Chemical Releases Sites/RBCA*), desenvolvida pela ASTM (*American Society for Testing and Materials*) para áreas contaminadas por hidrocarbonetos derivados de petróleo

(CETESB, 2006).

O esforço de adaptação de metodologias de avaliação de risco às condições e necessidades do país é de suma relevância, visto que a aplicação direta de metodologias já desenvolvidas em outros países apresenta dificuldades fundamentalmente devido ao grande número de áreas a serem estudadas, a escassez de recursos econômicos para efetuar estudos tão detalhados, a escassez de informação quantitativa sobre exposição e a escassez de dados científicos específicos das áreas.

A contaminação ambiental por hidrocarbonetos de petróleo tem motivado a condução de estudos sobre o tema, a exemplo de Reis (2004) na caracterização e avaliação da exposição humana ao benzeno presente no ar, em Volta Redonda (RJ), aplicando elementos das metodologias das agências americanas U.S.EPA e ATSDR, mas cuja insuficiência dos dados sobre a contaminação ambiental não permitiu uma avaliação precisa da exposição. Esse mesmo autor alerta para que não se utilize essas metodologias como “pacotes fechados para pronta aplicação” devido à necessidade de adequações locais e recomenda a integração entre os vários setores da sociedade envolvidos, bem como a articulação intersetorial como medida para o enfrentamento da situação.

Michels (2004) utilizou a metodologia norte-americana RBCA e modelos matemáticos de destino e transporte de contaminantes (RISC 4.03 - *Risc Integrated Software for Cleanups* e SCBR 1.0 - Solução Corretiva Baseada no Risco) considerando os valores de referência para solos e águas subterrâneas adotados no Estado de São Paulo, para a avaliação de risco para hidrocarbonetos de petróleo nos Terminais de Barueri e Cubatão (SP). A avaliação de risco a saúde foi realizada apenas para o Terminal de Cubatão, devido a presença de concentrações de BTEX acima dos valores máximos permitidos na água subterrânea. A modelagem utilizada mostrou que os pontos de exposição não seriam atingidos pelas plumas dos contaminantes e por isso o risco carcinogênico seria nulo.

Maximiano (2001) realizou, em São Paulo, estudo de avaliação de risco (RBCA) em postos de serviços com problemas de vazamento de combustível (gasolina e óleo diesel) concluindo que essa metodologia foi satisfatoriamente aplicada para elaboração de níveis aceitáveis baseados no risco (NABR) para a cidade de São Paulo podendo ser aplicados como valores padrões para projetos de avaliação de risco também nas regiões vizinhas. Para o autor, a exposição de receptores em formações terciárias tem os NABR (estimado no estudo) mais conservadores do que aqueles padronizados pela ASTM (ASTM, 1995).

Takeuchi (2008) avaliou a aplicação da metodologia RBCA para o Município de Porto Alegre, adequando as equações analíticas do modelo para determinar os valores de Níveis Aceitáveis Baseados no Risco (NABR) para os hidrocarbonetos nas condições hidrogeológicas local. O autor conclui que os resultados foram satisfatórios para o embasamento cristalino e depósitos sedimentares quaternários.

O erro e a incerteza da avaliação de risco da metodologia RBCA relacionados ao comportamento dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) em aquíferos impactados foi avaliado por Kolesnikovas (2006), que associou o risco toxicológico e a influência de se considerar toda a gama de hidrocarbonetos. Como resultado recomendou considerar nas avaliações de risco os compostos carcinogênicos presentes, as frações alifáticas e aromáticas dos TPH e não somente os compostos padronizados: BTEX ou HPA's. A quantificação do risco toxicológico associado a toda gama de TPH apresentou valores mais restritivos (variações de até duas ordens de grandeza no quociente de risco) do que os compostos padronizados (etilbenzeno, tolueno e xilenos totais).

O *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)* da Organização Panamericana de Saúde, ressalta a insuficiência de dados disponíveis para a avaliação de riscos confiáveis, relacionado a escassez de informação quantitativa sobre exposição e a fragilidade dos métodos usados para avaliar a exposição. Ressalta a necessidade de produção de dados científicos com mais especificidade local, a fim de ajudar os governos e a indústria a prevenir os impactos sobre a saúde e a melhorar a comunicação de riscos (CEPIS, 2000). Esses estudos propiciariam melhor formulação e implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos na prevenção, redução e controle dos riscos, também aplicáveis a instalação industrial que operaria dentro de padrões de segurança considerados toleráveis (CETESB, 2003).

## **VII. Grupo Focal**

O Ministério da Saúde chama a atenção para a importância da participação da sociedade no reconhecimento da relação entre sua saúde e os fatores determinantes do ambiente como uma estratégia fundamental das ações que preconizam a promoção da saúde. Para isso, o conhecimento deve ser socializado e os resultados dos estudos de avaliação de risco com essa abordagem serem utilizados como referência de apoio às ações de vigilância ambiental em saúde, principalmente no nível local (BRASIL, 2005a).

A técnica de Grupo Focal foi originalmente usada para pesquisas mercadológicas

em estudos de comunicação nos anos 1950 e a partir dos anos 1980 em pesquisas de outras áreas do conhecimento, como as Ciências Sociais, a Ergonomia, as Ciências Médicas, a Ciência da Informação, entre outras (KIND, 2004). É um método de pesquisa qualitativa realizado com um grupo de pessoas previamente selecionadas e que se desenvolve por meio de discussões coletivas através de entrevista não estruturada mediada por um moderador/pesquisador (FREEMAN, 2006; LEIRO, 2004).

O grupo focal usa explicitamente a interação grupal como parte da metodologia e os dados obtidos constroem o objetivo central da técnica, que é de identificar percepções, sentimentos, atitudes e idéias dos participantes a respeito de um determinado assunto, produto ou atividade; que são tomados no conjunto do grupo e não dos pontos de vista individuais (KIND, 2004; DIAS, 2000).

Enquanto pesquisa qualitativa, grupo focal não trabalha com amostras probabilísticas e nem visa estudar a frequência com que determinado comportamento ou opinião ocorre. Trata sim, do entendimento de como se formam e se diferem as percepções, opiniões e atitudes acerca do tema pesquisado, consistindo justamente na interação entre os participantes e o pesquisador que obtém os dados pela discussão que se estabelece no grupo a partir de um guia tema (roteiro) em tópicos específicos e diretivos elaborado previamente, por isso é chamado grupo focal. Estes tópicos não são expressos ao grupo em forma de questões, mas em forma de "dicas", de pequenos estímulos para introduzir o assunto, de forma a favorecer a discussão, servindo de roteiro e facilitando a condução do trabalho grupal ao encontro dos objetivos da pesquisa (ASCHIDAMINI e SAUPE, 2004; IERVOLINO e PELICIONE, 2001).

Não existe, um padrão para o número de sessões de Grupo Focal, dependendo, sobretudo dos objetivos traçados pelo pesquisador. Preferencialmente o local deve ser neutro, isto é, fora do ambiente de trabalho e/ou convívio dos participantes e de fácil acesso. A organização do espaço físico deve objetivar a participação e interação do grupo, de maneira que todos estejam dentro do campo de visão entre si e com o moderador, isso fomentará a interação e o sentimento de fazer parte do grupo. O tempo de duração das sessões deve ser de uma a duas horas para que o cansaço dos participantes e as condições desconfortáveis não venham a interferir nos objetivos da discussão em prejuízo dos resultados (ASCHIDAMINI e SAUPE, 2004).

Cabe ao moderador/ pesquisador criar um ambiente propício para que diferentes percepções e pontos de vista venham à tona, sem que haja nenhuma pressão para que seus participantes votem, cheguem a um consenso ou estabeleçam algum plano conclusivo.

Como, geralmente, nas pesquisas que utilizam o grupo focal as discussões são conduzidas várias vezes com diferentes grupos, e que em cada grupo existem tendências e padrões na percepção do que se definiu como foco; sempre que necessário o moderador deve solicitar esclarecimento ou aprofundamento de pontos específicos; conduzir o grupo para o próximo tópico quando um ponto já foi suficientemente explorado; estimular os tímidos; desestimular os tipos dominadores (que não param de falar) e; finalizar o grupo (LOBDELL *et al*, 2005).

As discussões dos grupos poderão ser gravadas ou filmadas, desde que com prévio consentimento desse e enfatizando-se a garantia do total sigilo do material obtido. O uso desses equipamentos representa uma ampliação do poder de registro. Após a gravação, o material é transcrito (conforme contido na gravação) e editado, excluindo-se no texto final as intervenções do pesquisador. O anonimato dos participantes é mantido. A análise sistemática e cuidadosa das discussões fornece as pistas e *insights* sobre a forma de como é percebido pelos participantes o tema foco da pesquisa. Essa etapa é, sem dúvida, a mais difícil, pois não é suficiente repetir ou transcrever o que foi dito (LOBDELL *et al*, 2005; IERVOLINO e PELICIONI, 2001; DIAS, 2000; SCHRAIBER, 1995).

Rabiee (2004) recomenda o uso de sete critérios para a análise do conteúdo das discussões: palavra (refere-se também ao seu significado), contexto, frequência e extensão do comentário (número de participantes que expressão uma visão/sentimento particular), intensidade do comentário (intensidade com que os sentimentos são expressos), consistência interna e grandes idéias (tendências e conceitos que permeiam vários comentários).

No Brasil, a técnica de grupos focais foi utilizada no levantamento da preocupação da população com sua saúde nos estudos para adaptação da metodologia de avaliação de risco da ATSDR (BRASIL, 2005; BRASIL, 2005b; BRASIL, 2004; BRASIL, 2003; BRASIL, 2002).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo se refere ao acidente ambiental ocorrido em 2002 no Distrito Federal envolvendo o vazamento de combustível no Posto Revendedor, localizado na BR-020, Km 2,2, que liga Sobradinho a Brasília. O vazamento contaminou o solo e a água subterrânea e atingiu a Chácara 6, localizada na área vizinha ao posto. O forte odor de combustível na água abastecida pelo poço cacimba 1 da Chácara 6 desencadeou denúncias por parte dos moradores ao responsável do posto, aos órgãos de governo e a mídia. Em maio de 2002, o posto foi autuado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH-DF) e interditado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) até a primeira quinzena de junho, quando uma decisão judicial autoriza o retorno de suas atividades. Em setembro, o posto é novamente interditado, mas voltou a operar em maio de 2009. Em outubro de 2002, os moradores da Chácara 6 deixam a área.

Por se tratar de pesquisa com seres humanos este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Brasília (Registro N° 037/2007) e realizado de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

### I. FONTE DOS DADOS

#### 1) Informações ambientais

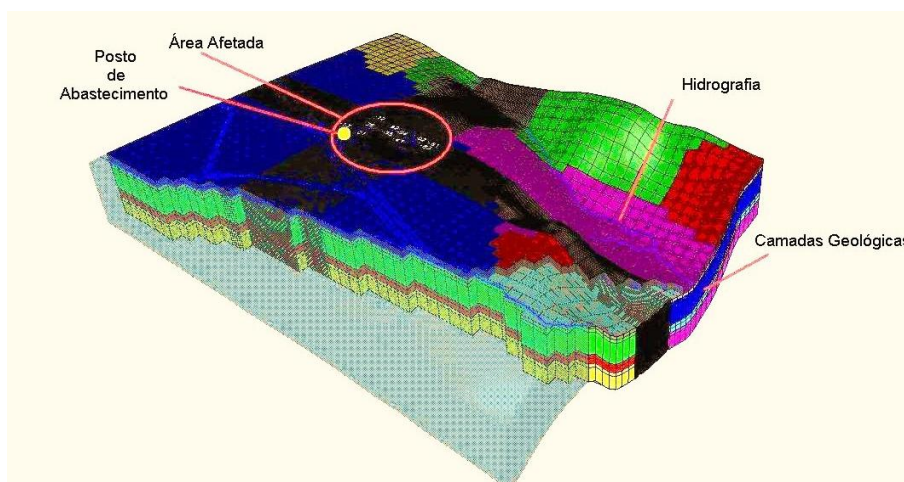
As informações geográficas e hidrogeológicas, uso e ocupação do solo, concentração de BTEX em amostras de solo, água subterrânea e alimentos cultivados e as avaliações de risco (RBCA e U.S.EPA) utilizadas neste estudo foram obtidas de 9 (nove) dos 77 (setenta e sete) relatórios de diagnóstico, remediação e monitoramento ambiental elaborados pela Distribuidora de Combustível (junho/2002 a janeiro/2003) (Anexo I) e dos 5 (cinco) volumes que compunham o processo de licenciamento ambiental do Posto Revendedor, até a elaboração deste estudo. Os referidos relatórios foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Distrito Federal e o processo de licenciamento ambiental pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental (IBRAM), vinculado à Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Distrito Federal.

## 2) Modelo de Fluxo e Transporte de Massa

Para a estimativa da evolução da concentração de benzeno na água subterrânea do poço cacimba 1 na Chácara 6 (vizinha ao Posto Revendedor) e do tempo de exposição pela população residente, utilizou-se os dados contidos nos Relatórios de Remediação Ambiental da Distribuidora de Combustível (junho/2002 a junho/2003). Como modelo computacional para reproduzir o fluxo da água subterrânea e posteriormente o transporte de massa do contaminante foi utilizado o software *Visual MODFLOW*. Este software é um ambiente de modelagem tridimensional, que integra o modelo de fluxo MODFLOW (HARBAUGH, 2005) com diversas ferramentas de transporte, entre elas o MT3DMS (ZHENG e WANG, 1999) capaz de simular o transporte por advecção, dispersão e processos ambientais típicos, como atividade microbiana.

O desenvolvimento do modelo que permitiu realizar essas estimativas para o presente estudo faz parte do projeto de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (UnB), pelo aluno Bruno Esteves Távora. Considerou-se para a base matemática do modelo que o fluxo da água subterrânea ocorra em aquífero heterogêneo, anisotrópico e em estado transiente; com os eixos principais do escoamento paralelos aos eixos das coordenadas. Para o estudo em questão não foram considerados os efeitos de adsorção nem de decaimento, mas incluiu os efeitos de cossolvência que potencializa a solubilização de compostos aromáticos no aquífero.

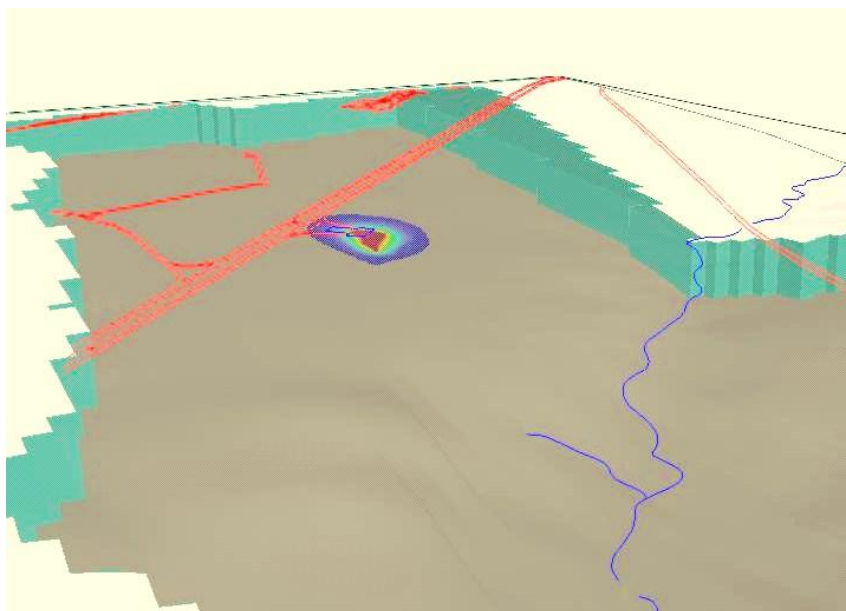
A Figura 8 mostra o modelo elaborado, composto por cinco camadas geológicas, onde as principais feições hidrográficas da área do entorno do Posto de Abastecimento foram representadas.



**Figura 8** – Modelo conceitual do Posto revendedor e área vizinha em ambiente Visual Modflow

A calibração de modo reverso deste modelo foi feita utilizando as concentrações de benzeno registradas nos relatórios ambientais da Distribuidora de Combustível nos meses de maio (220µg/L), agosto (510µg/L), setembro (860µg/L), outubro (880µg/L) e novembro (1100µg/L) do ano de 2002, e com os dados de campo referente ao nível de água dos poços instalados na região.

A representação da pluma de contaminação pelo modelo Visual Modflow encontra-se na Figura 9.



**Figura 9** – Representação da pluma de contaminação na água subterrânea da área de estudo pelo modelo Visual Modflow.

### 3) Exames laboratoriais da população residente na Chácara 6

Os resultados dos exames de amostras de sangue periférico e toxicológico dos 22 (vinte e dois) indivíduos foram gentilmente cedidos pela população da Chácara 6 para realização deste estudo, sendo os primeiros realizados por três laboratórios de análises clínicas do Distrito Federal e o exame toxicológico para identificação de biomarcadores de exposição dos compostos BTEX por um laboratório do Estado de São Paulo.

Esses resultados datam dos anos de 2001 (fevereiro, março, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro), 2002 (maio a setembro e de novembro a dezembro), 2003 (março, junho, julho, outubro, novembro e dezembro) e de 2004 (fevereiro, março, abril, maio e setembro).

Os parâmetros selecionados constam no protocolo de investigação de dano de



indivíduos expostos ao benzeno na Portaria nº 776, de 28 de abril de 2004 do Ministério da Saúde no item referente a exames complementares (Tabela 6).

**Tabela 6** – Parâmetros laboratoriais selecionados nos exames da população residente na Chácara 6, de acordo com o protocolo da Portaria nº 776/2004.

<b>Parâmetro</b>	<b>Finalidade</b>
Hemácias	Contagem de glóbulos vermelhos
Hemoglobina	Avaliação da anemia. <i>Concentração da Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM):</i> avaliação da saturação de hemoglobina em 100 mL de hemácias.
Índice Hematométrico	<i>Volume Corpuscular Médio - VCM:</i> Avaliação da média do tamanho (volume) das hemácias. <i>RDW (Red Cell Distribution Width):</i> Avalia alteração do tamanho das hemácias. <i>Hemoglobina Corpuscular Média (HCM):</i> Avaliação da média de hemoglobina por eritrócito.
Hematócrito	Indica a proporção entre hemácias e o volume de sangue.
Plaquetas	Avaliação da função plaquetária (coagulação do sangue).
Leucograma	Avaliação do sistema imunológico
Velocidade de Hemossedimentação (VHS)- 1 e 2 horas	Indicação de infecção e lesão tecidual (monitoramento de inflamação crônica, inclusive a atividade da doença como na artrite reumatóide).
Bilirrubina Totais e Fração	Avaliação das funções hepato-biliares e eritropoiéticas (níveis elevados (indireta) indicam comprometimento hepático, anemia hemolítica grave e deficiências enzimáticas congênitas deficiências enzimáticas congênitas. e se (direta) indicam obstrução biliar.
Gama Glutamil Transferase (Gama GT)	Avaliação de hepatopatias agudas e crônicas. Os níveis se elevam na doença hepática alcoólica aguda ou crônica, nas neoplasias primárias ou metastáticas e na colestase intra ou extra-hepáticas.
Transaminase Oxalacetica TGO (AST)	Avaliação da função hepática em fase relativamente precoce.
Transaminase Piruvica TGP (ALT)	Avaliação da função hepática em fase relativamente precoce.
Colesterol total	Avaliação do risco da doença aterosclerótica.
Triglicerídeos	Avaliação do risco da doença aterosclerótica. A hipertrigliceridemia é um fator de risco independente para doenças coronarianas..

<b>Parâmetro</b>	<b>Finalidade</b>
Lípídeos totais,	Auxilia no diagnóstico da lipemia.
Fosfolípidios	Avaliação de doença hepática obstrutiva, abeta ou hipobetalipoproteinemia, doença de Tangier, deficiência de LCAT
Colesterol, HDL, LDL, VLDL	Avaliação de risco de doença coronariana
Hepatite B	Identificação dos determinantes antigênicos da hepatite B
Hepatite C	Deteção de anticorpos IgG anti HCV
Proteína C Reativa	Indicação de processos inflamatórios resultantes de infecções, carcinomas, necrose tecidual e cirurgias.
Uréia	Avaliação da função renal

## **II. AVALIAÇÃO DE RISCO SEGUNDO A METODOLOGIA DA ATSDR ADAPTADA A EXPERIÊNCIA BRASILEIRA**

A fase inicial da aplicação da metodologia consistiu em categorizar o nível de risco da área através da pontuação de cinco parâmetros: categorização da área; caracterização da população; avaliação toxicológica; existência de medidas de contenção e controle; e acessibilidade ao local (Tabela 7). A categorização da área por esse processo de valoração de parâmetros está preconizada pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2006c).

As informações consideradas nesta etapa do estudo referem-se àquelas existentes quando do conhecimento da ocorrência do acidente (maio/2002). De acordo com a faixa de pontuação alcançada, a área é classificada como sendo de risco urgente (90 a 100 pontos); de alto risco (60 a 89 pontos); de risco (35 a 59 pontos); de baixo risco (20 a 34 pontos) e de risco não identificado (0 a 20 pontos).

**Tabela 7** – Relação dos parâmetros para priorização de área com risco potencial à saúde humana, segundo seus atributos e valoração.

<b>Parâmetros</b>	<b>Atributos</b>	<b>Intervalo de pontuação</b>	<b>Pontuação máxima</b>
Categorização da área	a) distância da população em relação à área	0 – 15	25
	b) informação sobre a exposição,	0 – 05	
	c) informação sobre os contaminantes ambientais.	0 – 05	

<b>Parâmetros</b>	<b>Atributos</b>	<b>Intervalo de pontuação</b>	<b>Pontuação máxima</b>
Caracterização da população	a) quantitativo de pessoas sob risco	1 - 15	25
	b) existência no entorno de instalações que agregam pessoas*	0 - 05	
	c) nível sócio-econômico (alto, médio, baixo)	1 - 03	
Avaliação toxicológica	a) toxicidade dos contaminantes	15 – 20	25
	b) persistência ambiental dos contaminantes	0 - 05	
Medidas de contenção e controle	Existência de medidas de contenção e controle	0 - 15	15
Acessibilidade ao local	Acessibilidade da população ao local	0 - 10	10
<b>Total</b>			<b>100</b>

\* creches, asilos e outros

Após a priorização das áreas de risco inicia-se a aplicação da metodologia de avaliação de risco, propriamente dita, que consiste na execução das seis etapas seguintes (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2006a).

### ***Etapa 1 - Informação (caracterização) do local***

Os aspectos ambientais (geologia, hidrologia, vegetação, localização geográfica), uso e ocupação do solo da área de estudo, assim como a natureza e extensão da contaminação foram compilados da fonte de dados utilizada (*Informações ambientais*).

As informações relativas ao uso e ocupação da área vizinha (Chácara 6) pela população foram obtidas por meio da aplicação de um questionário, respondido pelos participantes do Grupo Focal, composto por 20 (vinte) perguntas distribuídas em dois temas centrais: informações sobre a moradia (11) e informações pessoais (9), conforme Anexo 3.

### ***Etapa 2 –Preocupações da população com sua saúde***

Informações sobre a os indivíduos da Chácara 6 e suas preocupações quanto a saúde foram obtidas por meio do questionário aplicado (Anexo III) e pelo estudo qualitativo através da metodologia de grupo focal.

A formação dos grupos focais foi estabelecida a partir do primeiro encontro com o representante da população residente na Chácara 6 quando foi exposto a finalidade da pesquisa, a dinâmica da metodologia e a importância da participação deles. Os participantes que atendiam aos critérios de ter sido morador da Chácara 6 quando da ocorrência do acidente ambiental e ser maior idade quando da realização do grupo focal foram contatados para que se estabelecesse um cronograma para a realização das sessões. Dois grupos foram formados, cada qual com quatro participantes. As sessões foram realizadas em agosto e novembro de 2007, a primeira em uma sala da Faculdade de Ciências da Saúde (UnB) e a outra na residência de um dos participantes no Lago Norte. Cada sessão durou cerca de duas horas. Os diálogos foram gravados em fita cassete para transcrição posterior.

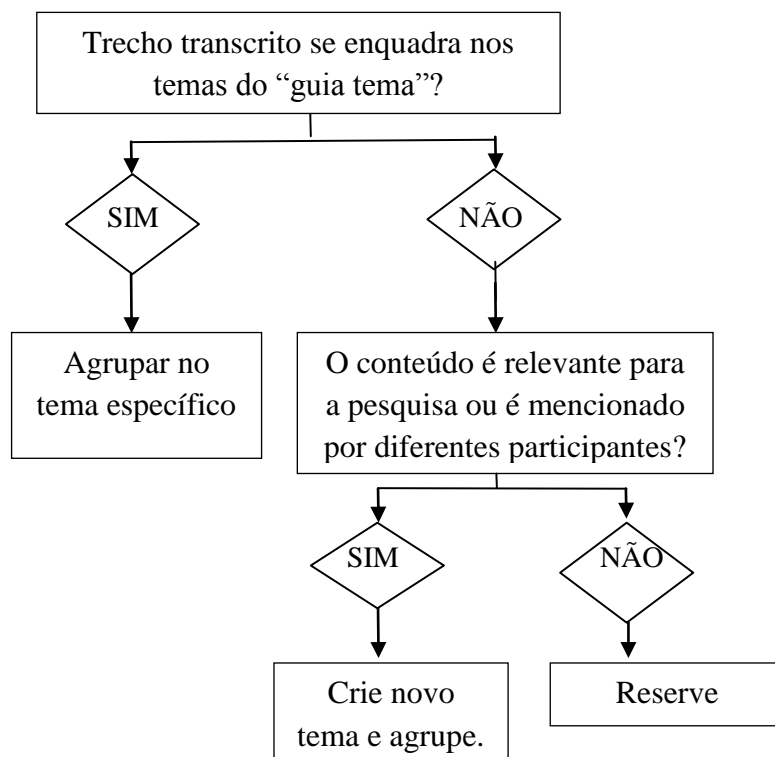
No início de cada sessão, os participantes foram informados pelo pesquisador (moderador) sobre o estudo e seus objetivos, da dinâmica do grupo focal e da não remuneração pela participação. Após esses esclarecimentos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo II) e responderam ao questionário objetivo (Anexo III).

O debate foi permeado por questões previamente elaboradas em temas estruturantes (“guia tema”), que visaram obter informações a respeito do acidente, das preocupações da população e das experiências e percepções em relação ao ocorrido, por meio das seguintes questões: a) como tomaram conhecimento sobre o vazamento de combustível?; b) quais as preocupações e dúvidas no período em que residiram na área afetada?; c) como essas preocupações e dúvidas foram tratadas pelos órgãos do estado e pelo poluidor?; d) que problemas de saúde associavam a exposição?; e) que atenção a saúde foi prestada? e; f) quais as atuais preocupações e dúvidas.

Esse “guia tema” foi utilizado pelo pesquisador como memória das informações a serem obtidas no grupo focal, não sendo trazido ao grupo como questões interrogativas a serem respondidas. Quando havia a necessidade de expandir o campo de explanação dos participantes ou aprofundar as discussões num determinado tema, breves intervenções eram feitas pelo pesquisador.

Os diálogos foram transcritos integralmente sem edição e sua codificação, indexação e categorização feita segundo Krueger e Casey citado por Rabiee (2004). Os trechos cujo conteúdo se enquadrava nos temas estruturantes do “guia tema” foram agrupados, e aqueles trechos que não se enquadravam no “guia tema”, mas, expressavam contextos relevantes para o estudo ou eram mencionados por diferentes participantes foram

agrupados em novos temas, tais como: breve retrospectiva histórica da Chácara 6, agravos a animais e plantas associados à contaminação, providências/attitudes adotadas pelos moradores frente à contaminação da água, providências/attitudes adotadas pelo poluidor (posto revendedor e distribuidora) frente à contaminação, e os sentimentos da população em relação ao ocorrido. A construção do agrupamento dos trechos transcritos encontra-se representada na Figura 10.



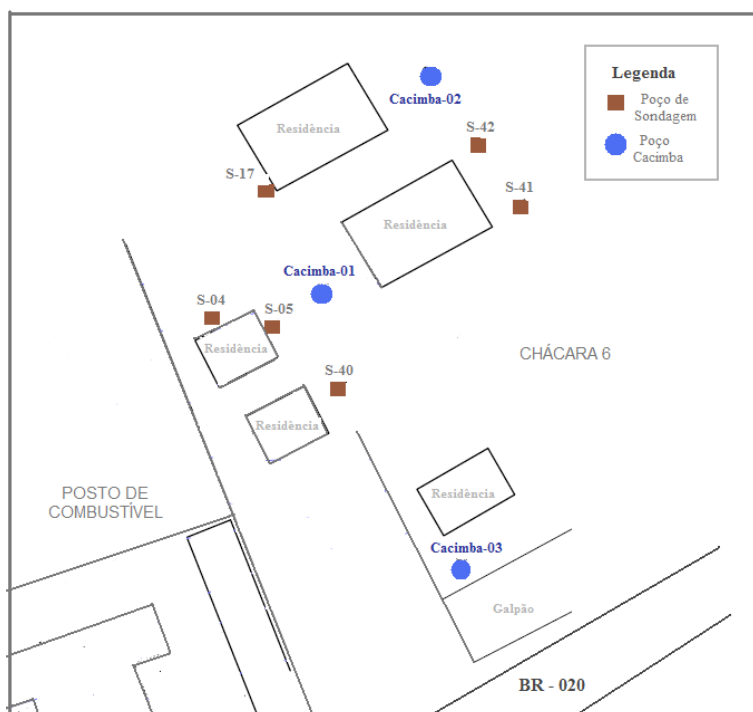
**Figura 10** - Roteiro para agrupamento dos trechos transcritos do Grupo Focal.

Para análise dos trechos agrupados por tema específico foram utilizados os sete critérios citados por Rabiee (2004): palavra (refere-se também ao seu significado), contexto, frequência e extensão do comentário (número de participantes que expressam uma visão/sentimento particular), intensidade do comentário (intensidade com que os sentimentos são expressos), consistência interna e grandes idéias (tendências e conceitos que permeiam vários comentários).

### ***Etapa 3 – Seleção dos Contaminantes de Interesse***

A fonte de dados para o desenvolvimento desse item foram nove relatórios

ambientais apresentados pela Distribuidora de Combustível no período de junho a outubro/2002, ou seja, seis Relatórios de Remediação Ambiental, um Relatório de Diagnóstico Ambiental, um Relatório de Diagnóstico Ambiental e Análise de Risco RBCA - Tier 2 e um Relatório de Avaliação de Risco associada a Vegetais (agosto/2003). Nesses, constam os dados analíticos dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) e monocíclicos (BTEX) na área em estudo. Foram selecionados os dados referentes aos hidrocarbonetos monoaromáticos para a identificação dos contaminantes de interesse na água subterrânea, solo e alimentos cultivados na Chácara 6. As amostras de água subterrânea e solo foram coletadas nos poços cacimba e poços de sondagem (Figura 11) e analisadas por três laboratórios de escolha da Distribuidora de Combustível (Quadro 2), sendo que o laboratório nº1, localizado na Alemanha, analisou somente as amostras coletadas em maio/2002. A metodologia de coleta, conservação e envio das amostras não foi mencionada nos Relatórios pesquisados.



**Figura 11** - Localização dos poços de sondagem e dos poços cacimbas com coleta de amostras na Chácara 6.

**Quadro 2** – Métodos analíticos utilizados na quantificação dos componentes BTEX, por laboratório e por compartimento ambiental, no período de maio a outubro/2002.

<b>Laboratório</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Método Analítico</b>	<b>Limite de Detecção (LD)</b>
1	Água	Method 8260 <sup>(a)</sup>	1 µg/L
	Solo	Method 8260	1 µg/kg
2	Água subterrânea	Method 8260	1 µg/L
	Solo	Method 8260	1 µg/kg
3	Água subterrânea	Method 8020A <sup>(b)</sup>	1 mg/L
	Solo	Cromatografia a gás com coluna capilar (DB-5) com detector de ionização de chama (FID).	10 µg/kg

LEGENDA: a) cromatografia gasosa com detector de massa (CG/MS) – U.S.EPA;

b) cromatografia gasosa (técnica headspace)

Com base no Princípio da Precaução, foram selecionadas as maiores concentrações de cada componente BTEX por compartimento ambiental, e esses valores comparados aos valores orientadores de intervenção da CETESB (2005a, 2001) para água subterrânea e solo em área residencial e aos valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde para água de consumo humano (BRASIL, 2004a). Os componentes cuja concentração excedia aos valores orientadores foram selecionados e suas características físico-químicas e parâmetros toxicológicos avaliados.

Durante o ano de 2002/2003, a Distribuidora coletou amostras de vegetais (frutos e/ou folhas) nas áreas afetadas pelo acidente para análise de BTEX e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Folhas das árvores frutíferas foram coletadas quando não havia fruto. Na primeira campanha também foi coletada amostra de solo superficial na horta, junto à cacimba 01 e no solo onde se encontravam as mangueiras. Não foram coletados alimentos da horta porque essa já havia sido destruída antes da primeira campanha (Quadro 3).

**Quadro 3** – Identificação das amostras de alimento coletadas por campanha de amostragem na Chácara 6.

<b>Campanha de amostragem (Nº)</b>	<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Tipo de Amostra</b>
1	2002	agosto	espiga de milho e folhas de mangueira Solo da horta, do local das mangueiras e próximo ao poço cacimba 1
2		novembro	pitanga (fruto maduro), maracujá (folhas), acerola (fruto maduro), manga (fruto verde), bambuzeiro (folhas)
3	2003	fevereiro	goiaba (fruto maduro)

Os critérios de seleção dos alimentos, segundo o relatório de “Avaliação de Risco com relação à Ingestão de Alimentos produzidos no Local (setembro/2002)” e “Avaliação de Risco Ambiental da Contaminação da Vegetação em Área afetada por Vazamento de Gasolina (agosto/2003)”, conduzidos pela Distribuidora de Combustível, referiam-se a condição ou localização do cultivo que tivesse sido irrigado com a água contaminada e/ou estivesse localizado sobre a pluma de contaminação (fase livre e fase dissolvida). A análise de BTEX em amostras de alimentos foi realizada por diferentes laboratórios (Quadro 4).

**Quadro 4** – Métodos analíticos de quantificação de BTEX em amostras de alimentos cultivados na Chácara 6, por laboratório.

<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Laboratório</b>	<b>Método Analítico</b>	<b>Limite de Detecção (LD)</b>
2002	agosto	1	CG/FID por <i>headspace</i>	10µg/kg
	novembro	2	U.S.EPA 5021 <sup>(a)</sup> e 8021 <sup>(b)</sup>	0,1µg/L e 1,0µg/kg
2003	fevereiro	2	U.S.EPA 5021 e 8021	0,1µg/L e 1,0µg/kg

LEGENDA: a) cromatografia gasosa com detector de massa (CG/MS)

b) cromatografia gasosa com detectores FID-PID

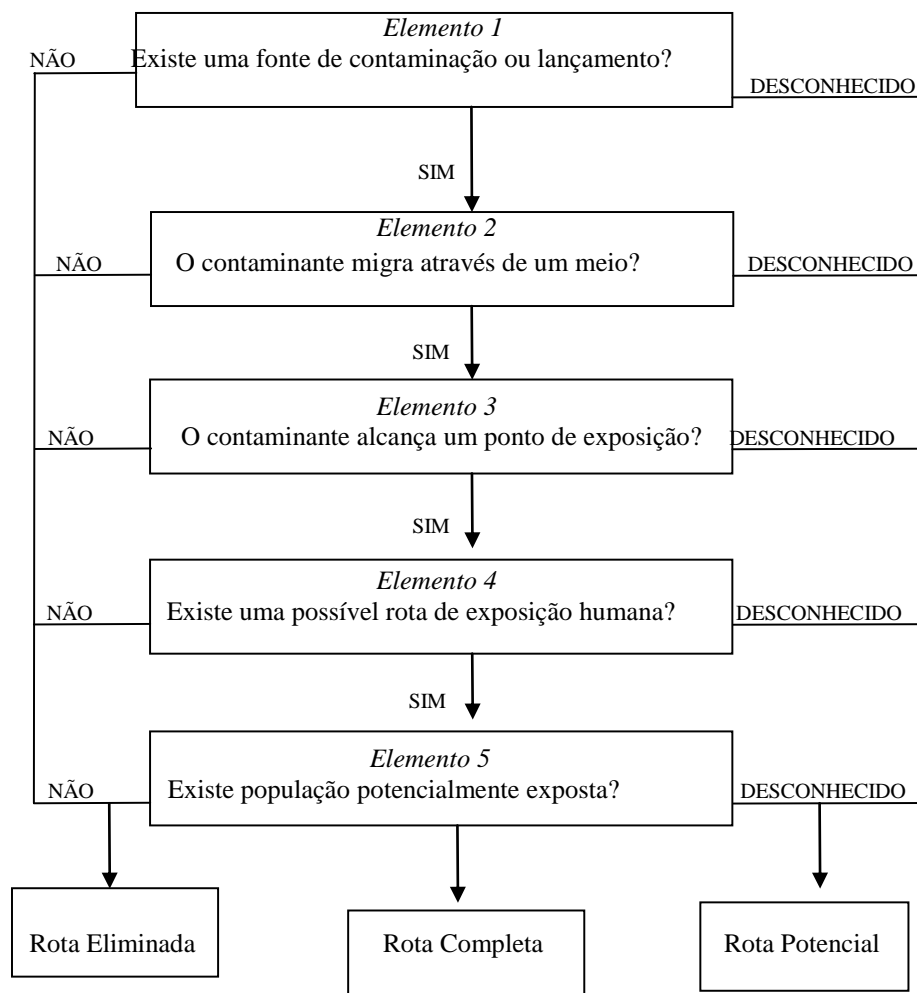
#### ***Etapa 4 – Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição***

Para a identificação das rotas de exposição foi elaborado um modelo conceitual



específico para a Chácara 6, considerando no fluxograma os cinco elementos base: 1) a fonte de contaminação; 2) o mecanismo de transporte e transferência do contaminante nos compartimentos ambientais; 3) o ponto ou área de exposição onde ocorre ou pode ocorrer o contato humano com o compartimento ambiental contaminado; 4) o caminho de contato do contaminante com as pessoas expostas (via de exposição), e; 5) a população receptora que está exposta ou potencialmente exposta ao contaminante em um ponto de exposição (Figura 12) (BRASIL, 2005).

Uma rota de exposição é considerada completa quando estes cinco elementos estão presentes e existem pessoas expostas no passado, presente ou futuro. Quando um desses elementos está faltando ou os dados são insuficientes ou a exposição pode ocorrer em algum tempo (passado, presente, futuro) têm-se uma rota potencial. Mas, se algum desses elementos não existe ou nunca existirá considera-se a rota como incompleta e esta é desconsiderada na avaliação.



**Figura 12** – Fluxograma para categorização das rotas de exposição (ATSDR, 2001)

Na avaliação de risco somente as rotas completas de exposição foram consideradas. Além disso, a denominação “população exposta” se aplica a essa condição (BRASIL, 2007a).

### ***Etapa 5 – Determinação de Implicações para a Saúde Pública***

Esta etapa é realizada a partir das informações e dados obtidos anteriormente, ou seja, caracterização da contaminação ambiental, seleção do contaminante de interesse e das rotas de exposição completa, identificação da população exposta e sua preocupação com a saúde. A avaliação das implicações para saúde está baseada em três componentes: avaliação toxicológica, avaliação dos dados de saúde e avaliação e resposta às preocupações da população exposta com sua saúde.

#### ***1) Avaliação toxicológica:***

Consiste em determinar se a exposição a uma substância tóxica pode causar incremento na incidência de efeitos adversos à saúde numa dada população exposta. A estimativa da ocorrência desses efeitos adversos (caracterização do risco) considera os valores tóxicos obtidos (dose de exposição), dose de referência para efeitos não carcinogênicos (RfD e MRL) e fator de inclinação (*slope factor*). O cálculo da dose de exposição é obtido através das equações citadas no Quadro 5. Antes da aplicação das equações para a o consumo de água e frutas contaminadas calcula-se o *Fator de Exposição* (FE), segundo a equação abaixo:

$$FE = \frac{(\text{frequência da exposição}) \times (\text{duração da exposição})}{(\text{tempo de exposição})}$$

**Quadro 5** – Equações para o cálculo da Dose de Exposição.

<b>Equação</b>	<b>Via de Exposição</b>	<b>Fórmula da Dose de Exposição (a)</b>
3	Ingestão de água contaminada	$DE_{ia} = \frac{C \times TI \times FE}{PC}$ <p>C = concentração do contaminante na água de consumo (mg/L) TI = taxa de ingestão de água (L/dia) FE = fator de exposição PC = peso corporal (kg)</p>
4	Ingestão de alimento contaminado	$DE_{ea} = \sum_{i=1}^n \frac{C \times TI \times FE}{PC}$ <p>C = concentração do contaminante no grupo de alimento (mg/g) TI = taxa de ingestão do grupo de alimentos (g/dia) FE = fator de exposição PC = peso corporal (kg)</p>
5	Absorção dérmica por contato com água contaminada	$DD_{ag} = \frac{C \times P \times AS \times TE \times 1\text{litro}}{PC \times 1000\text{cm}^3}$ <p>C = concentração na água (mg/L) P = constante de permeabilidade (cm/hora) AS = área da superfície corporal (cm<sup>2</sup>) TE = tempo de exposição (hora/dia) PC = peso corporal (kg)</p>

Fonte: Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2007a) Com base no Princípio da Precaução a concentração do contaminante utilizada é a maior concentração obtida nos meios afetados.

Os valores utilizados no cálculo da Dose de Exposição referente ao consumo diário de água e frutas, assim como a área de superfície corporal estão mostrados na Tabela 8. Considerou-se que durante o período da safra de manga e pitanga (outubro a fevereiro), os indivíduos consomem semanalmente, em média, 3 mangas (300 g cada) e três porções de 100 g de pitanga. Estes valores foram convertidos para consumo diário para o cálculo da exposição.

**Tabela 8** – Valores de peso corporal, estimativa de consumo de água e frutas, e área de superfície corporal humana, segundo a faixa etária.

Idade (anos)	Peso Corporal (kg) <sup>(a)</sup>	Consumo de água (L/dia)	Consumo de manga(g/dia)	Consumo de pitanga (g/dia)	Superfície Corporal (cm <sup>2</sup> ) <sup>(b)</sup>
Até 1	10	-	-	-	3.500
1 - 11	30	1	128	42	8.750
12 - 17	50	1	128	42	15.235
≥ 18 (homem)	75	2	128	42	19.400
≥ 18 (mulher)	63,8	2	128	42	16.900*

Fonte: a) Couto (2006), b) Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a); (\*) Ministério da Saúde (BRASIL, 2007a)

Os resultados obtidos da Dose Total de Exposição diária (somatório de todas as doses) foram comparados a dose de referência para efeitos não carcinogênicos - MRL (*Minimal Risk Level*) estabelecido pela ATSDR (2007) para uma exposição oral crônica e a Dose de Referência (RfD-*oral Reference Dose*) estabelecido pela U.S.EPA (2003). Na avaliação dos efeitos carcinogênicos (ocorrência de caso adicional de câncer), utilizou-se os valores estabelecidos pela U.S.EPA (2003) para o fator de inclinação (*slope factor*) para uma exposição durante toda a vida (média 70 anos) e o risco específico para o consumo de água contaminada.

#### 1) Avaliação dos dados de saúde:

Para o desenvolvimento desta etapa foram utilizados os dados obtidos no Questionário (Anexo 3), nos resultados dos exames laboratoriais realizados no período de fevereiro de 2001 a setembro de 2004 e no exame toxicológico.

Na análise dos *exames toxicológicos* foi considerado como parâmetro alterado aquele cujo valor obtido era superior ao valor de referência (VR) ou ao valor máximo do indicador biológico (IBMP) para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde (Tabela 9).

**Tabela 9** – Valores para os Bioindicadores de exposição aos componentes do BTEX em amostras de urina (NR-7).

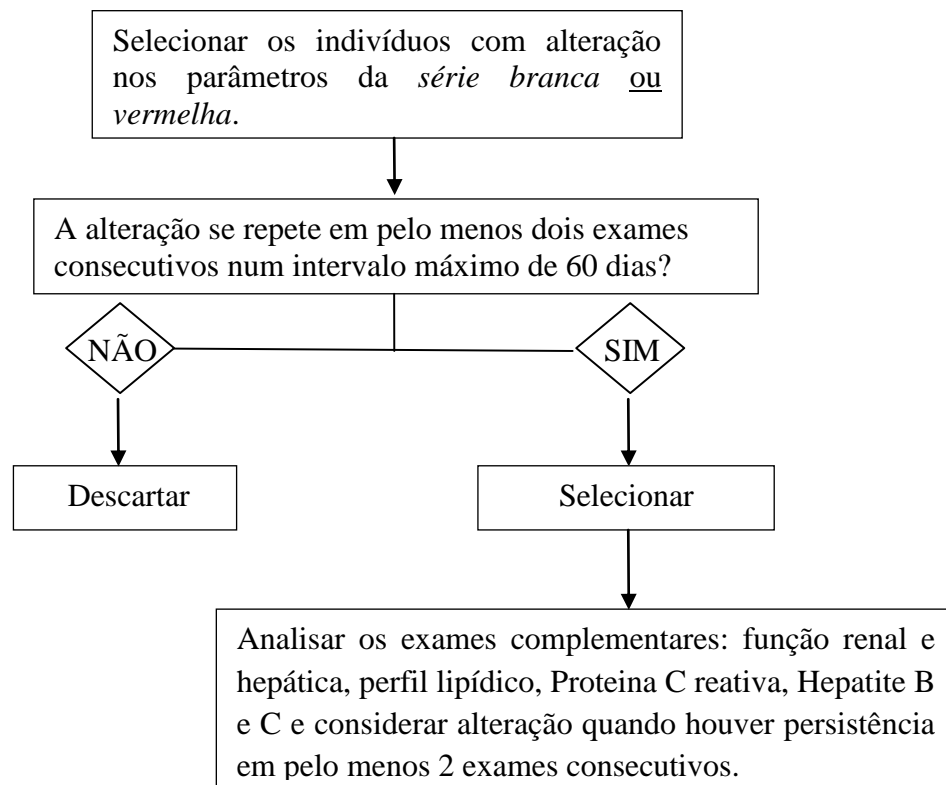
<b>Agente Químico</b>	<b>Indicador Biológico</b>	<b>VR (a)</b>	<b>IBMP (b)</b>
Benzeno	Ác. Trans-trans-mucônico	Até 0,5 mg/g de creatinina	1,6 mg/g de creatinina (*)
Etilbenzeno	Ác. Mandélico	x	1,5g/g creat.
Tolueno	Ác. Hipúrico	Até 1,5g/g creatinina	2,5 g/g creat.
Xileno	Ác. Metil-Hipúrico	x	1,5g/g creat.

a) Valor de Referência (população geral); b) Índice Biológico Máximo Permitido (população ocupacional); (\*) valor correlaciona-se com uma exposição ocupacional a 1 ppm de benzeno

Os parâmetros dos exames laboratoriais foram agrupados em: *série vermelha* (MVC, HCM, CHCM, hematócrito, hemoglobina e hemácias), *série branca* (leucócitos totais, neutrófilo, monócito, eosinófilo e linfócitos), *plaquetas*, *função hepática* (TGO, TGP, Gama GT, fosfatase alcalina, bilirrubinas totais e frações, proteínas totais), *função renal* (creatinina e uréia), *perfil lipídico* (HDF, LDL, VLDL, triglicerídeos, fosfolipídeos, lipídeos totais e colesterol total) e *exames complementares* (Proteína C reativa, VHS e hepatite B e C).

Devido à falta de protocolos, inclusive no Brasil, para avaliação da intoxicação ao benzeno em populações expostas ambientalmente a hidrocarbonetos devido a vazamentos de combustíveis, foi elaborado um fluxograma para suspeição de efeito adverso a saúde através de adaptações de referências sobre a avaliação da intoxicação ocupacional por benzeno (BRASIL, 2006b; BRASIL 2004c; LAN *et al* 2004; BRASIL 2003a; ATSDR 2000a; RUIZ *et al* 1993; AKSOY, 1989) (Figura 13). Entende-se como alterado aquele parâmetro cujos valores obtidos são diferentes (superior ou inferior) aos valores de normalidade adotados pelos laboratórios de análises clínicas (SABIN, \_\_\_\_).

A suspeição inicia-se com o hemograma devido ser o exame laboratorial de eleição para avaliar possíveis efeitos à saúde, correlacionando alterações hematológicas e exposição ao benzeno (LAN *et al*, 2004; ATSDR, 2000a; DOSEMEDI *et al*, 1996; RUIZ *et al*, 1993; AKSOY, 1989).



**Figura 13** – Fluxograma para seleção de indivíduos quanto à suspeição de intoxicação por exposição ambiental ao benzeno.

### 3) Avaliação e resposta às preocupações da comunidade com sua saúde:

Para melhor apresentar os resultados do grupo focal foi feito um agrupamento dos “guias tema” em Grupo Temático numa ordem de apresentação que permita retratar como os participantes experienciaram as situações relacionadas ao acidente (Quadro 6).

**Quadro 6** – Grupos Temáticos formados a partir do agrupamento dos “guias tema” resultantes do Grupo Focal.

	<b>GRUPO TEMÁTICO</b>	<b>GUIA TEMA</b>
1	A Chácara	1.1. Retrospectiva histórica da Chácara 6
2	O acidente ambiental	2.1. Como tomaram conhecimento sobre o vazamento de combustível? 2.2. Providências/atitudes adotadas pelos moradores frente à contaminação da água? 2.3. Providências/atitudes adotadas pelo poluidor (posto

GRUPO TEMÁTICO	GUIA TEMA
3	<p>Preocupações da população</p> <p>revendedor e Distribuidora) frente à contaminação?</p> <p>2.4. Sentimentos da população em relação ao ocorrido?</p> <p>3.1. Que problemas de saúde associavam a exposição?</p> <p>3.2. Agravos a animais e plantas associados à contaminação?</p> <p>3.3. Como essas preocupações e dúvidas foram tratadas pelos órgãos do estado e pelo poluidor?</p> <p>3.4. Que atenção a saúde foi prestada?</p> <p>3.5. Quais as atuais preocupações e dúvidas?</p> <p>3.6. Quais as preocupações e dúvidas no período em que residiram na área afetada?</p>

### ***Etapa 6 - Conclusões e Recomendações***

De posse das informações obtidas nas etapas anteriores, a área foi categorizada para o risco que representa de acordo com a classificação proposta na avaliação de risco da ATSDR adaptada a experiência brasileira pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2007a) conforme o Quadro 7.

**Quadro 7** – Categorização de áreas contaminadas e respectivas definições de risco.

Categoria	Definição
A	Utilizadas para os locais que apresentam um risco para a saúde pública, como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas, ou locais onde existe risco físico.
B	Utilizadas para os locais que apresentam um risco para a saúde pública como resultado de exposições passadas, presentes e futuras, de curto ou longo prazo, a substâncias químicas perigosas não carcinogênicas, com valores abaixo dos níveis de referência.
C	Utilizada para os locais com informação incompleta.
D	Utilizada para os locais que não apresentam risco para a saúde pública.

Fonte: BRASIL, 2007a

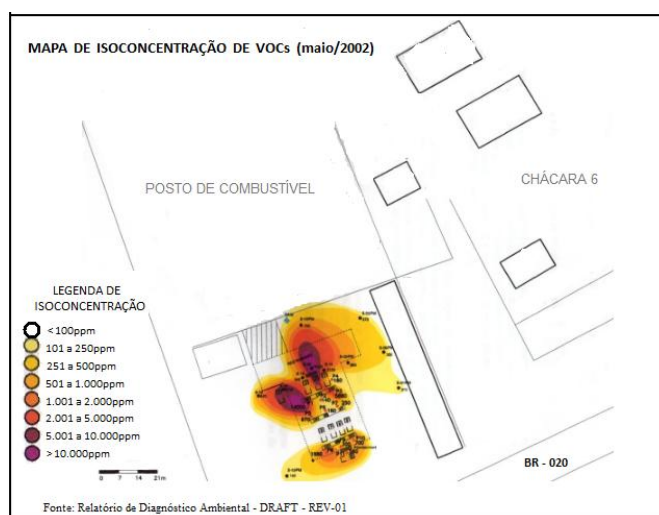
Após a categorização dos riscos foram elaboradas as recomendações necessárias para mitigar ou prevenir efeitos adversos à saúde e ao monitoramento das condições ambientais.

## RESULTADOS

### I. Cenário de contaminação

Em março de 2002, o Posto de Abastecimento identificou não estanqueidade numa tubulação de gasolina, porém este fato não foi comunicado ao órgão ambiental. Após a denúncia dos moradores da Chácara 6 em maio, o órgão ambiental exigiu da Distribuidora de Combustível o diagnóstico ambiental da área com a realização do teste de estanqueidade (detecção de vazamentos) no sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC), identificando não estanqueidade numa tubulação de diesel (SEMARH, 2001). A partir desses resultados foram construídos poços de sondagens na área do posto e área vizinha, sendo coletadas amostras de solo e água subterrânea nestes e nos poços tubulares já existentes nessas áreas. As amostras foram encaminhadas para análise na Alemanha.

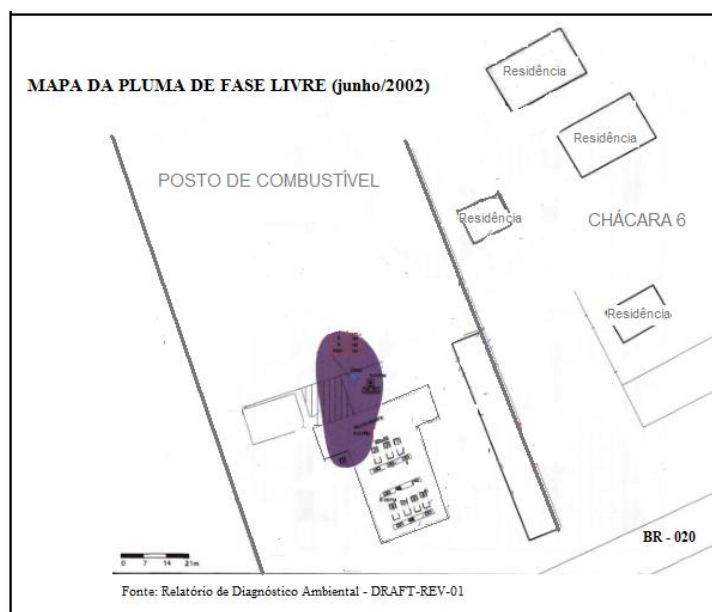
A Distribuidora realizou medição das concentrações de compostos orgânicos voláteis (VOCs- *Volatile Organic Compounds*) no solo, com o equipamento *Gastech*, modelo 1238 ME (limite máximo de detecção de 14.000 ppm). Foi identificado a presença de VOCs no solo na área de descarga à distância de diesel (14.000 ppm), junto à bomba de gasolina onde ocorreu a não estanqueidade em março/2002 (6.720 ppm) e na área do fundo do posto (300 ppm) que recebia o lançamento dos efluentes da área de abastecimento, lavagem de veículos e troca de óleo. A pluma de isoconcentração (Figura 14) mostra a distribuição horizontal das concentrações de VOCs no solo (Relatório de Diagnóstico Ambiental, Set/02). Não foi detectado níveis de explosividade nos bueiros ou galerias próximos ao Posto.



**Figura 14** – Mapa de isoconcentração de VOCs no solo da área do posto revendedor de combustível, em maio de 2002.



Com o avanço do diagnóstico ambiental identificou-se a presença de combustível de fase livre na água subterrânea num poço de sondagem próximo a um dos poços artesianos do Posto (Figura 15). Embora sem presença de fase livre nos poços de sondagem e cacimbas amostrados na área vizinha, foi detectado BTEX e HPAs no poço cacimba 1 ( $2.127\mu\text{g/L}$  e  $13\mu\text{g/L}$ ) e no poço de sondagem ( $16260\mu\text{g/L}$  e  $140,26\mu\text{g/L}$ ) distante 21 m do poço cacimba 1.



**Figura 15** – Mapa da pluma de fase livre de gasolina na área do posto revendedor de combustível, em junho de 2002.

Diante desse cenário, a população por iniciativa própria paralisa o consumo da água do poço cacimba 1 (jun/2002). As medidas de remediação iniciam-se com a retirada do combustível em fase livre através de bombas *Auto Pump* que bombeiam a água subterrânea e a gasolina para um sistema de tratamento (caixa separadora de água/óleo) onde ocorre a separação e recuperação do produto, e posterior reinjeção no aquífero. O diesel acumulado nas caixas próximas as bombas de abastecimento é removido com mantas absorventes.

Em julho/2002 é realizada a etapa *Tier 2* da Avaliação de Risco (RBCA), segundo a norma ASTM-1739/95 e norma provisória PS-104/98. Análises para quantificação de BTEX e HPAs no solo e na água subterrânea são realizadas como medida de monitoramento da contaminação. Amostras de alimentos cultivados na área do posto e Chácara 6 são coletadas em agosto e novembro de 2002 e em fevereiro de 2003 para avaliação de risco à saúde da população da Chácara 6 devido ao consumo dos alimentos

amostrados, segundo a metodologia da U.S.EPA.

Em setembro/2002 identifica-se novo vazamento numa conexão de gasolina do Posto. Uma equipe com dois médicos da Distribuidora de Combustível acompanhada por dois toxicologistas da Secretaria de Saúde do Distrito Federal avaliam o estado de saúde da população da Chácara 6 por meio de anamnese médica, clínica e toxicológica, considerando a história patológica atual e pregressa dos indivíduos, hábitos ocupacionais, sociais, alimentares, utilização de medicamentos e/ou outras substâncias químicas (Anexo 4). Exames laboratoriais complementares também foram realizados.

Em outubro/2002 a Distribuidora distribuiu um comunicado escrito à população informando sobre as medidas adotadas e em andamento para a contenção da contaminação. Informava que “não havia qualquer perigo de explosão ou combustão, nem de risco a saúde dos habitantes do entorno do Posto (...) relativamente à ingestão de alimentos produzidos no local e ao contato com o solo da região. Todavia (...), num raio de 200m recomenda-se que a água subterrânea não seja utilizada”. Ao final do comunicado coloca o contato para esclarecimentos às pessoas que faziam uso da água subterrânea. A população da Chácara 6 é removida da área afetada em outubro/2002 e se estabelece como medida de monitoramento da saúde uma periodicidade de 4 (quatro) meses para exames laboratoriais ao longo de 10 (dez) anos.

A remediação para contenção da pluma de fase livre se encerra em outubro/2002 na Chácara 6 com a remoção total de 1.361 litros de gasolina e 49,7 litros diesel da água subterrânea e em dezembro/2002 na área do posto com um total de 1.574,6 litros de gasolina e 68,4 litros de diesel. As ações de remediação da pluma de contaminação de fase dissolvida na água subterrânea foram concluídas em janeiro de 2007 na Chácara 6, e na área do Posto permaneciam ativas até o momento de conclusão deste estudo (cerca de 7 anos após o acidente).

## **II. Priorização da área**

A valoração da área de estudo resultou na pontuação de 72 (setenta e dois) pontos classificando a área como sendo de *Auto Risco*, conforme planilha simplificada apresentada na Tabela 10, portanto prioritária para avaliação de risco à saúde. A avaliação detalhada encontra-se no Anexo V.

**Tabela 10** – Categorização da área de estudo segundo valoração dos parâmetros avaliados.

<b>Parâmetros</b>	<b>Pontuação máxima</b>	<b>Pontuação adquirida</b>
Categorização da Área	25	22
Caracterização da População	25	03
Avaliação Toxicológica	25	23
Medidas de Contenção e Controle	15	14
Acessibilidade da População ao Local	10	10
<b>Total Geral</b>	100	72
<b>Nível de Prioridade</b>	-	<b>ALTO RISCO</b>

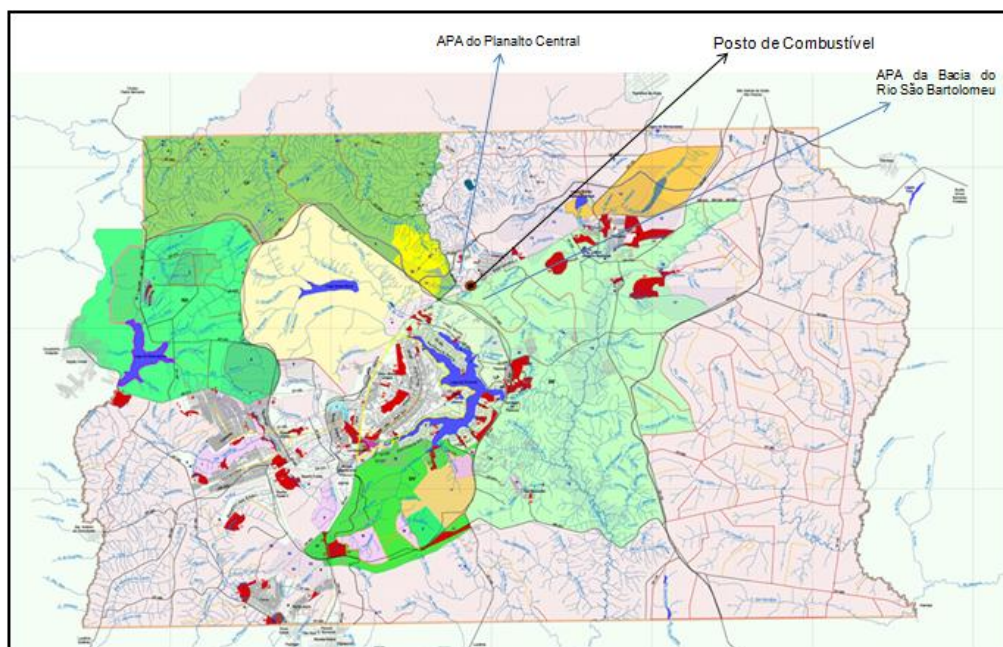
A pontuação obtida nos parâmetros avaliados valora as seguintes informações:

- a) Categorização da área: contaminantes presentes em mais de um compartimento ambiental; população no entorno da área contaminada a cerca de 100m, cujas informações sobre a exposição eram inconclusivas ou discordantes.
- b) Caracterização da população: população residente composta por até 50 pessoas, de nível sócio-econômico médio. No entorno da área (1 km) não existiam instalações que agrupassem pessoas, como creches, hospitais, asilos, entre outros;
- c) Avaliação toxicológica: entre os contaminantes da área existia substância carcinogênica para humanos com média persistência nos compartimentos ambientais;
- d) Medidas de contenção e controle: ineficientes, e;
- e) Acessibilidade da população à área contaminada era contínua.

### **III. Avaliação de risco**

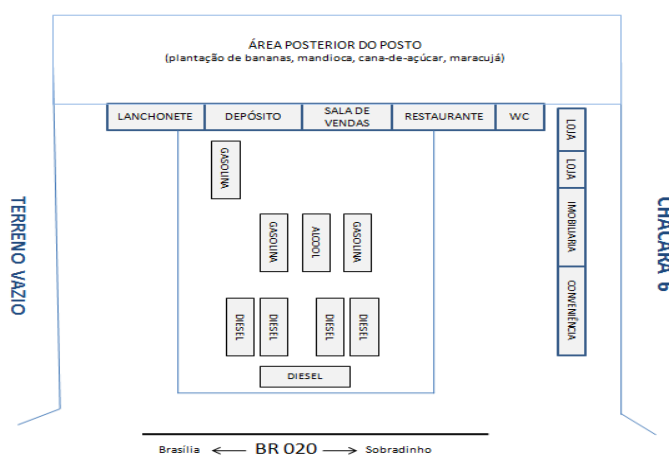
#### ***Informação (caracterização) da Área de Estudo***

O Posto revendedor de Combustível, causador da contaminação ambiental, está localizado na rodovia BR-020, Km 2,2 no sentido Sobradinho-Brasília na Região Administrativa de Sobradinho (RA-V), aproximadamente entre as coordenadas geográficas UTM 195527mE e 8254288mL. Está inserido entre duas áreas de proteção ambiental, uma federal - APA do Planalto Central que ocupa 60% do território do DF e outra distrital - APA da Bacia do Rio São Bartolomeu (Figura 16).



**Figura 16** – Mapa Ambiental do Distrito Federal (2006) ressaltando a localização do Posto revendedor de combustível, responsável pela contaminação ambiental.

O Posto iniciou suas atividades em 1988 e ocupa uma área com cerca de 24.000m<sup>2</sup>. É classificado como Classe 3 (ABNT/NBR 13786/2001), principalmente devido a presença de poços tubulares para captação da água subterrânea para múltiplos usos, inclusive para consumo humano. O combustível comercializado era armazenamento em oito tanques com capacidade de 15.000 litros cada (4 de diesel, 3 gasolina e 1 álcool) e 1 tanque de 30.000 litros para diesel. Existia também uma área para lavagem de veículos e troca de óleo, além de lojas comerciais (Figura 17).



**Figura 17** – Croqui simplificado da área do Posto Revendedor de Combustível

Na área mediana e posterior (2.000 m<sup>2</sup>) do terreno do Posto havia plantio de banana, cana-de-açúcar, mandioca e maracujá, onde também ocorria o despejo de efluentes provenientes das atividades do Posto. Na área posterior, havia uma residência com piscina (dimensão de 570m<sup>2</sup>) (Figuras 17) (SEMARH, 2001).

A área circunvizinha ao empreendimento é caracterizada por condomínios horizontais, limitando-se a leste a Chácara 6 (área C), com uma área de cerca de 2 ha composta por seis residências distintas com uma população de 22 pessoas (Figura 18). Ao lado oeste do posto havia um terreno vazio.

As residências da Chácara 6 eram de alvenaria com dois a treze cômodos, segundo informações obtidas do Questionário (Anexo III). O abastecimento de água nessa Chácara era feito por três poços cacimbas (poços rasos) com 13 m de profundidade e lâmina d'água a 6 m do nível do solo. O poço localizado na parte central (cacimba-1) abastecia quatro casas, outro na região posterior esquerda (cacimba-2) abastecia uma casa, e o terceiro na região mediana (cacimba-3) abastecia a casa ao lado (SEMARH, 2001).



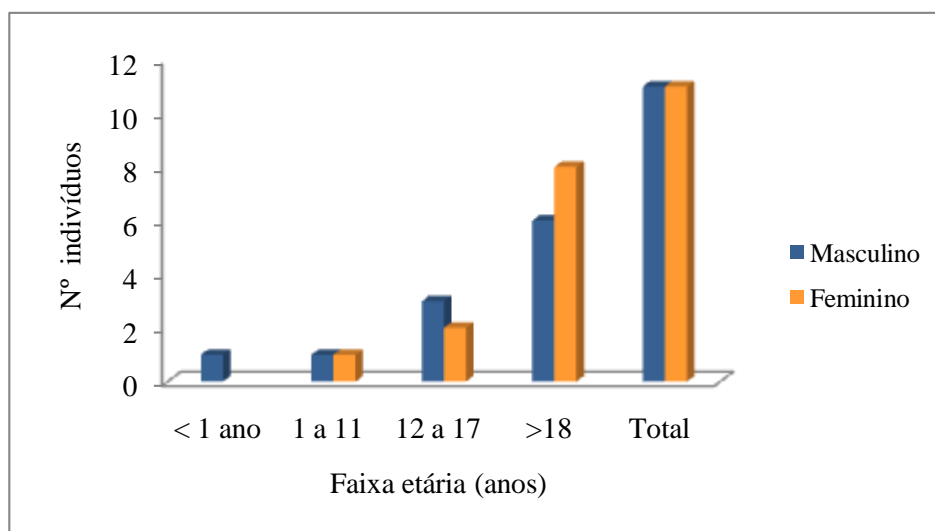
**Figura 18.** Vista aérea da região do Posto Revendedor de Combustível: A- área dos fundos do posto, B – casa do proprietário do Posto e C – Chácara 6.

Informações obtidas dos questionários e dos grupos focais indicam que a água proveniente dos poços cacimba era utilizada para várias atividades, inclusive consumo humano e irrigação de cultivos da Chácara 6. O esgotamento sanitário era feito por fossa e a coleta de resíduos sólidos pelo serviço público de limpeza urbana. Na Chácara existiam

diversas árvores frutíferas (acerola, abacate, manga, pitanga, banana, jabuticaba, goiaba, limão e amora) e se cultivava hortaliças (couve, brócolis, alface, cebolinha, salsa e rúcula) e legumes (cenoura, pimentão, cebola, beterraba, pepino, abóbora e abobrinha) para consumo da população local numa frequência de mais de três vezes por semana, e também eram dados a parentes e amigos. Havia criação de galinhas, por uma das famílias, com consumo de uma vez por mês e consumo dos ovos duas vezes por semana, ambos também eram dados a parentes e amigos. O animal de estimação criado pelas famílias era o cachorro.

### *Preocupações da População com a sua Saúde*

A população da Chácara 6 era composta por vinte e dois indivíduos, distribuídos proporcionalmente segundo o gênero, apresentando predomínio do sexo masculino entre os adolescentes (12 a 17 anos) e do sexo feminino nos adultos (maiores de 18 anos) (Figura 19). Parte dos alimentos consumidos pelos residentes era obtida de produção própria incluindo frutas, legumes, hortaliças, aves (galinhas) e ovos.



**Figura 19** - Distribuição da população residente na Chácara 6 por faixa etária, segundo o gênero ( 2002).

Oito moradores participaram do grupo focal; pertenciam a duas famílias distintas que juntas totalizavam quinze pessoas, sendo onze delas de uma única família. Dentre os outros moradores, dois haviam falecido na época deste estudo, quatro estavam residindo em outro estado e quatro eram menor idade.

Dos oito indivíduos que participaram do grupo focal, cinco eram mulheres entre 16 a 54 anos e três homens (14 a 52 anos). Metade dos indivíduos tinha curso superior, cinco exerciam atividade laboral e três eram estudantes. A renda familiar predominante no grupo era superior a vinte salários mínimos (SM=R\$350,00) e apenas um possuía plano privado de assistência à saúde (Tabela 11).

**Tabela 11** – Informações complementares sobre o perfil da população da Chácara 6 participante do Grupo Focal.

Participante	Sexo	Idade (anos)	Escolaridade	Situação trabalhista	Renda familiar (faixa salarial*)	Saúde suplementar
1	Fem.	54	superior completo	autônomo	16 a 20 SM	sim
2	Fem.	21	superior incompleto	estagiária	+ 20 SM	não
3	Masc.	52	pós-graduação	autônomo	+ 20 SM	não
4	Fem.	40	médio completo	trabalho doméstico	+ 20 SM	não
5	Fem.	21	médio completo	trabalho doméstico	6 a 10 SM	não
6	Fem.	16	Médio incompleto	estudante	+ 20 SM	não
7	Masc.	22	Superior incompleto	autônomo	6 a 10 SM	não
8	Masc.	14	Fundamental incompleto	estudante	+ 20 SM	não

(\*) Valor do salário mínimo: R\$350,00 (trezentos e cinquenta reais)

As discussões nos grupos focais foram agrupadas em grupos temáticos. Na apresentação de cada grupo é inserido um resumo dos diálogos e a seguir um conjunto dessas citações.

#### *Grupo temático 1: A Chácara*

A Chácara 6 havia sido comprada com a intenção de concretizar aspirações comuns entre amigos, que formariam uma comunidade que poderiam desfrutar de prazeres, como plantar alimentos para consumo e terem a sensação de estar de férias.



*“(...) meu pai quando veio para Brasília ... se juntou com alguns amigos ... compraram a área ... não era criar um condomínio ... a idéia era que existisse uma comunidade... os amigos e tal.”*

*“(...) a gente morava perto da cidade sem estar na cidade, a gente chegava do trabalho, mas chega em casa e parecia que estava de férias ... essa coisa toda de plantar, de comer o que eu planto ... isso tudo era ... ainda é uma coisa super importante para mim, entendeu? Uma coisa ecológica...tudo orgânico”*

*“(...) a minha horta toda que era linda, eu tinha um minhocário, tinha anos plantado .... tinha uma poda de bananeira que eu tinha feito uma coisa de permocultura que ... estava dando uma safra de bananas maravilhosas”*

*“(...) a mangueira que era histórica ... uma praça da Chácara, duas mangueiras lindas”*

Embora tivessem conseguido temporariamente um embargo para a não construção do posto revendedor de combustível no lote vizinho, não conseguiram impedir a sua instalação.

*“(...) a 16 anos, nós fomos os primeiros a chegar lá.”*

*“(...) nós conseguimos lá na Administração de Sobradinho... um embargo. Aí ficou um ano e meio parado. Aí a gente achou que não ia acontecer mais nada, né. Quando de repente... apareceu o posto lá.”*

*“O Posto, quando nós fomos morar lá não existia. Ali era uma área rural. Nós chegamos bem antes do Posto. Nós começamos a construir a nossa casa lá em 87.”*

## *Grupo temático 2: O acidente ambiental*

Inicialmente, os moradores perceberam um odor diferente na água do poço cacimba, quando no preparo dos alimentos. Esse odor, a princípio, foi associado a algum problema na caixa d'água. Mas, como os cuidados com a qualidade da água (higiene e filtração) haviam sido tomados anteriormente, logo descartaram essa possibilidade. Mas, com o passar do tempo o odor (semelhante à cola) já era percebido na água das torneiras e quando da higiene pessoal (banho). A água então apresentava uma coloração diferente, que quando armazenada ficava estratificada (água embaixo e um líquido oleoso marrom na camada superior).

*“(...) quem percebeu mais na verdade, primeiro, fui eu ... começamos a sentir na hora de fazer os alimentos ... um cheiro diferente na água. Aí a principio achamos que poderia ser a caixa... em cima da casa, que a água vinha do poço. E aí pensamos ... está suja ... mas eu sempre tive muito cuidado ... recentemente eu tinha mandado fazer uma limpeza no poço ... colocado um filtro para passar lá do poço para a caixa d'água já com a primeira filtragem”*

*“Aí eu comecei a sentir o cheiro ... também na hora que a gente ia tomar banho quando*



*esquentava o cheiro ficava mais forte. E aí a gente começou a querer saber...sem a principio imaginar o que poderia ser realmente.”*

*“(...) a gente abria a torneira de casa, qualquer torneira e tinha um cheiro. No começo era um cheiro forte ... parecia um cheiro de cola ... foi aumentando, aumentado, aumentando chegou um ponto que saia das torneiras um liquido marrom ... a gente botava num vidro ficava a água embaixo e encima uma coisa... né, oleoso marrom.”*

*“(...) a água começou com um cheiro ruim ... a gente pensou que poderia ser alguma coisa do poço ou então ... alguma coisa da encanação. Aí começou numa casa foi para outra aí todas as casas”*

A causa do odor, a princípio, estava associada às emissões do efluente das atividades do posto que era escoado (sem tratamento) para a área dos fundos desse (vizinha a uma das residências) e onde ficava depositado diretamente no solo.

*“Eu acho que essa questão do odor já era uma coisa mais antiga do que 2002. Acho que vinha de 2001. É porque eles jogavam lá no fundo, atrás do Posto ... muitos resíduos de gasolina, eles lavavam motores de caminhões e jogavam os resíduos lá. A gente reclamava, era uma briga aquilo, que volta e meia tinha aquele cheiro no ar, né.”*

*“Aí ... começamos a achar que vinha do Posto ... atrás da minha casa quando abria a janela ... tinha lavagem do posto, tinha troca de combustível, eles não tinham aquela caixa obrigatória que o posto de gasolina tem para coletar esses resíduos, né. Então era jogado a céu aberto(...) era uma lama preta.”*

*“Então a gente começou a sentir um cheiro na terra ... de... gasolina, de combustível”*

*“(...) já vinha a tempo o cheiro daquilo no ar e a gente reclamava pro pessoal do Posto”*

Posteriormente procuram a Universidade de Brasília para realizar análise de BTEX na água.

*”Ele [refere-se a um dos moradores] sempre preocupado já tinha, uma época assim meio que já pensado nessa questão do vazamento, mas sempre dizia que não era, que não era. Eu lembro que ele procurou a UnB, acho que foi o laboratório de química, aí ele fez a coleta da água ... e mandou e aí viu que tinha um tal de BTEX na água ... toda a novela começou.”*

Diante da persistência do odor de gasolina na água e com a informação da presença de BTEX os moradores tomaram a iniciativa de procurar os mais diversos órgãos públicos para obter ajuda. No entanto, relatam que poucos perceberam o risco.

*“(...) a primeira pessoa que eu chamei quando a gente viu aquela situação, eu chamei a SEMARH ... pra pedir tudo direitinho, eles colocaram dali a um mês para ir nos visitar ... é caso de urgência ... a gente começou a procurar ... encontrei [uma pessoa] ... com poucos dias a SEMARH foi lá”*

*“(...) comecei a fazer denuncia eu ligava ... o dia inteiro pra todos os órgãos ...na policia, na parte de meio ambiente ... no Corpo de Bombeiros, fiz na CAESB, eu fiz denuncia aonde eu podia.”*

*“(...) o órgão que nos auxiliou foi a FUNASA”*

*“(...) alguém do IBAMA que entrou nessa história e falou assim: tem que tirar essas pessoas daqui, tem que tirar.”*

*“(...) a polícia... a defesa civil ... o corpo de bombeiros disse que era risco.”*

O próximo passo dos moradores foi minimizar os riscos a saúde não utilizando a água do poço cacimba para consumo e cozimento de alimentos.

*“Porque até eles se movimentarem eu tinha que continuar vivendo, né... a princípio eu comecei a pegar água pra cozinhar e pra beber no... Posto Colorado que tinha um poço artesiano lá, que tinha uma torneira que era liberada para as pessoas pegarem água. Aí eu começava a ir todo dia de manhã, eu enchia um monte de galãozinho de água pra cozinhar e beber, mas pra tomar banho, lavar roupa, lavar louça, nós continuamos usando a água do poço. (...) quando chegou num ponto ... em que o cheiro já estava demais (...) tivemos a idéia de construir a caixa d'água ... fora porque o caminhão pipa não alcançava a caixa d'água que era em cima da casa ... construímos uma caixa d'água e o caminhão pipa vinha e botava aquela água lá.”*

*“(...) foi uma iniciativa nossa... pegar caminhão pipa para beber água.”*

Buscaram se informar sobre o assunto, se organizaram e desencadearam uma série de ações para acionar o Estado e tornar público o que estava acontecendo.

*“(...) a gente pesquisou tanto eu e [Sicrano], mas pesquisou tanto...”*

*“(...) a gente criou uma associação”*

*“(...) a gente tinha um consultor ambiental...”*

*“(...) então a gente usou muito a mídia ... mídia internacional inclusive ... cansei de traduzir um texto. Cansei de escrever, escrever um monte ... foi pro Brasil e foi pro mundo ... saiu em um monte de site em um monte de jornal, saiu em televisão...”*

*“(...) depois que a gente entrou na justiça... e tudo mais.”*

*“(...) uma audiência pública na Câmara Federal ...”*

Com a atenção voltada para a suposta fonte de contaminação (despejo dos efluentes no fundo do Posto) a providência adotada pelo poluidor foi aterrar o local e erguer um muro entre o Posto e a Chácara 6, visto que a divisa era uma cerca.

*“(...) o que ele fez foi colocar trator, derrubar todo o canavial e aterrar aquela lama... pra maquiara, então ele jogou terra passou trator por cima e deixou tudo limpinho (...) a polícia chegou ... tirou o tratorista, prendeu o dono do Posto nesse dia ...”*

*“(...) fizeram um muro, era só uma cerca... entre a gente e o Posto”*

Posteriormente, outras providências foram tomadas pelo Posto e a Distribuidora de Combustível como a coleta de amostras de água subterrânea para análise, o ressarcimento

das despesas efetuadas pela população e a assistência médica aos moradores da Chácara 6.

*“A gente conseguiu depois que eles pagassem o que a gente gastou [abastecimento de água por caminhão pipa] (...) eu apresentei as notas eles pagaram a construção” [caixa d’água externa]*

*“(...) eles começaram a pagar os caminhões pipas.”*

*“(...) eles mandaram pra Alemanha pra fazer uns testes ... o laudo da UnB a quantidade de combustível era muito superior ao que eles apresentaram” [análise da água]*

*“(...) fizeram exames ... tinha um compromisso de fazer um exame periódico quatro em quatro meses, uma série de exames que no começo era menos, aumentou por que a gente insistiu muito que tinha que ter ... eu acho que esse exame é burocrático para parecer que é bonzinho, mas não atende ... às vezes faz de cinco, cinco meses, às vezes seis.”*

A comunicação do poluidor com a população a respeito do problema foi marcada por incertezas e certo descrédito.

*“(...) ele [poluidor] falava assim que não tinha nada ali. Até um bom tempo eles negaram, entendeu? Que a gente tinha derrubado tinner no poço, que tudo aquilo era culpa nossa”  
“Teve um técnico que entrou dentro de casa, aí abriu a torneira... Ah, isso aqui não tem nada...”*

*“(...) ele [poluidor] disse ... aquele cheiro era um pouquinho de tinner da obra que estava tendo na casa.*

*“(...) eles diziam que era um pequeno vazamento ali na hora que botava gasolina, tinha um vazamentozinho”*

*“(...) a relação nunca foi muito fácil com [poluidor] ... até eles assumirem que tinha combustível na água, demorou muito”*

Por fim, foi tomada a decisão de remoção dos moradores, primeiramente para um hotel onde passaram três ou quatro meses enfrentando dificuldades para manter a rotina, então alterada. Posteriormente, mudaram-se para residências com condições semelhantes às da Chácara 6, alugadas pelo poluidor e posteriormente adquiridas. Os moradores também receberam indenização.

*“(...) eles botam a gente num hotel. A gente ficou quanto tempo lá? Três meses? Quatro meses?”*

*“(...) seis meninos pra morar num hotel com uma senhora de quase 100 anos de idade... me organizar... menino na escola, a rotina continua... tinha que cozinhar... manter o trabalho e tudo (...)*

*“(...) depois liberaram o restaurante ... a gente tinha que tirar a roupa suja e lavar em algum lugar, né. Na casa de amigos. Na lavanderia.”*

*“Então eles disseram: vamos alugar casa ... igual a que a gente tem agora ... casa legal no Lago Norte.... paga o aluguel um ano [poluidor] (...) depois eles deram um prazo ... aí*

*acabou ... acabei comprando minha casa..."*

*"(...) ela [poluidor] pagou... estipulou... por pessoa ... indenização e eles descontaram o imposto de renda desse valor."*

Várias são as expressões dos sentimentos vividos, da indignação e impotência às incertezas sobre o futuro.

*"(...) a vida da gente parou por conta disso. Ninguém fazia mais nada ... não tinha como (...) tivemos que vender o carro porque ele é autônomo ... teve que parar de trabalhar praticamente pra ficar indo atrás de coisas."*

*"(...) eu não procurei isso, eu não quero isso. Eu não dei direito nunca, nenhum de fazerem isso com a minha vida."*

*"(...) me tirou da minha casa."*

*"(...) isso é um passado muito ruim uma coisa que a gente ainda sofre com resquícios disso... falo que a minha vida nunca mais foi a mesma."*

*"(...) não more nunca perto de um posto de gasolina"*

*"(...) acabou o sonho da gente. Acabou. Acabou"*

Os participantes citam como ponto positivo, decorrente do evento, a superação e a troca de tanques de armazenamento em outros postos de abastecimento de combustíveis.

*"(...) superar trouxe a maturidade, amadurecimento... eu tive que estudar muito mais... no meio disso tudo eu fiz uma pós graduação pra justamente entender mais... e compreender mais... quando é desafiado parece que acontece coisas mais fortes com a gente. E uma força mais."*

*"(...) teve um lado muito positivo também, começaram a trocar os tanques no Brasil inteiro."*

### *Grupo temático 3 – Preocupações da população*

As preocupações e dúvidas iniciais estavam relacionadas às incertezas com a saúde devido ao consumo da água e alimentos cultivados na Chácara e sobre sua permanência ou não no local.

*"(...) Já tinha comido tudo. Eu comi dessa banana ainda. A minha horta eu comia todo dia, tinha folhas na minha salada (...) arrancou mesmo para a gente não consumir (...) mas já tinha comido, claro."*

*"(...) A gente bebia, a gente cozinhava, a gente escovava os dentes, ou seja, ingeria a água, o vapor..."*

*"(...) podíamos todos estar com hepatite tóxica"*

*"(...) Intoxicação por BTEX ou morre... ou 20 anos depois tem leucemia. Não existe meio de caminho, entende?"*

*“(...) era a casa que nós construímos aqui, com todo o sacrifício quando a gente veio morar em Brasília, a gente tava vendo que a gente ia perder ela ... pra onde a gente ia com um monte de menino pequeno.”*

*“(...) a gente sair daquele lugar ... as nossas casas onde a gente existiu.”*

*“(...) Emocionalmente nós já estávamos mexidíssimos, porque a gente tava assim sem saber o que ia acontecer.”*

Os participantes relatam algumas alterações de saúde que associavam à ocorrência do acidente, inclusive de cunho neuropsicológico.

*“(...) muita gente começou a aparecer com coceira ... acordava de manhã e não queria levantar da cama ... uma prostração, entendeu... uma dor de cabeça... uma tontura. Uma coisa assim ... enjôo... uma vontade de vomitar o dia inteiro, um negócio horrível, sabe. Nunca tinha tido isso... um sintoma de mal estar absoluto, demorou uns 15 dias, 20 dias, mas continuou uma outra coisa.. uma moleza.”*

*“(...) nasceu o primeiro filho dele [ apontou para um dos participantes]... parecia uma folha de papel não tinha peso... o dente dele nasceu todo estragado... ele não comia, só bebia.”*

*“(...) minha mãe... ficou internada um mês, em São Paulo”*

*“(...) fiquei menstruada no total quase 180 dias”*

*“(...) apresentei hipotireoidismo... todas as mulheres ganharam peso... em 3-4 meses engordei 20 Kg”*

*“(...) Ficou uma bagunça mental geral”*

*“(...) na época a nossa família estava bem... tava bem unida. E aí quando a gente ficou sabendo disso tudo, minha mãe teve que sair três a quatro meses, meu pai sempre ficava fora estudando o dia todo... a família desuniu.... até hoje a gente não conseguiu retomar.”*

*“(...) almoço de família, tudo...não tinha mais. A vida mudou completamente, fora a questão da saúde... nada foi mais o mesmo...”*

*“(...) a gente era novinho...reprovei de ano. [Fulano], [Sicrano], reprovou de ano. [Beltrano], quase reprovou de ano.”*

A Distribuidora conduziu uma avaliação médica da população cujo resultado foi apresentado, pelo médico dessa, em uma única reunião coletiva.

*“(...) A gente foi pro hospital ... um dia inteiro submetido a um relatório imenso... uma anamnese bem grande (... )perguntavam várias coisas a respeito da nossa vida”*

*“(...) veio uma toxicologista do Rio de Janeiro... eles pesavam, mediam a pressão... fizeram mamografia em mim ... exame de urina no [Beltrano].”*

*“(...) fizeram um dia a reunião pra dar o diagnóstico, aí reuniram 21 pessoas todos nós dentro de uma sala com os médicos da [Distribuidora] ... doutora toxicologista ...”*

*“(...) Com a área médica foi essa a única reunião.”*

*“(...) eles arrasaram a gente ...que não tinha nada haver aquela gasolina com o que a*

*gente sentia...”*

*“(...) querendo descaracterizar... o nexo causal.”*

Depois dessa primeira avaliação os participantes passaram a fazer exames periódicos, porém sem acompanhamento médico por parte do poluidor ou do Estado.

*“(...) até hoje nós fazemos alguns exames periódico... de 4 em 4 meses, mas eles pra telefonar pra cá pra saber... qualquer coisa... nunca... nunca.”*

*“(...) quando atrasa [solicitação de exames] a gente tem que ligar pedindo os exames”*

*“(...) Nunca bateram na nossa porta, nunca disseram nada... depois daquela primeira reunião nós não tivemos mais contato com a área médica (...) Nem da [distribuidora], nem do Estado.”*

Não havendo acompanhamento médico por parte do poluidor e do estado, os participantes relatam a busca de procedimentos que classificam como alternativo e acreditam que o não ressarcimento das despesas com esses tratamentos se deve ao fato de não ser um tratamento tradicional.

*“(...) Outra coisa que eles nunca aceitaram foi de pagar o tratamento que nós fizemos, que principalmente eu... a [Fulana] e a [Sicrana] fizemos.”*

*“(...) Por que é alternativo... não é protocolado na Organização Mundial de Saúde”*

Os participantes também relatam efeitos à saúde dos animais de criação (galinhas) e animais domésticos (cães), bem como danos nas arvores frutíferas (mangueira e goiabeira).

*“(...) todas as minhas galinhas morreram... a minha cachorra mais velha morreu lá a outra que eu trouxe da outra casa morreu depois. Eu fiz a biópsia nelas duas e era assim o baço estourado, hemorragia interna... a outra morreu com hemorragia, saia sangue de todos os buracos dela.”*

*“(...) as goiabas nasceram todas atrofiadas.”*

*“(...) morreram.” [referência as mangueiras]*

A atuação dos órgãos públicos frente ao evento e a sua relação com a população foi marcada, segundo os participantes, por descaso, despreparo, abandono e decepção.

*“(...) exame toxicológico foi iniciativa nossa.”*

*“(...) Estado? Só se for estado de sitio ... era um bando de ator, não tinham nada, o que é que eles iam fazer ... os órgãos do DF nada... eles nem sabiam do que se tratava, era um assunto assim esotérico”*

*“(...) tudo burocrático, tudo sem preparo nenhum para esse tipo de coisa. ... na verdade a burocracia existe, as pessoas são despreparadas para esse tipo de situação. ”*

*“(...) a Secretaria de Saúde do DF, nada; SEMARH secretaria de ambiente e tal nada”*

*“A CAESB foi um descaso”*

*“(...) é triste até hoje pra mim ver o descaso do poder público nesse país ... desaparecimento do estado... a desconversa”*

A população definia a relação com o poluidor como sendo conflitante. E por isso, propulsora de um clima de desconfianças, fragilidade e de desgaste.

*“A [distribuidora] foi cínica ... tinha a noção exata do problema, da gravidade da pluma, da densidade do problema, sabiam que nós estamos vivendo isso subliminarmente há muitos anos e esconderam, e escamotearam, fizeram muitas manobras”*

*“(...) tudo com a [distribuidora] foi conquistado milímetro por milímetro, na briga ... nada foi fácil pra gente”*

*“(...) eles [distribuidora] tentavam fazer... a gente tava querendo se dar bem na história.”*

As preocupações atuais da população permanecem focadas na sua saúde.

*“(...) tem uma espada aqui encima de minha cabeça que dentro de quinze anos, foi o que nos falaram, a gente está no grupo de risco de ter leucemia”*

*“(...) to meio ainda arrumando o caos... essa história... vai alterar profundamente uma série de coisas que eram garantidas pra mim, uma boa saúde...”*

*“A gente é um grupo de risco.”*

*“(...) caía, desmaiava, a cabeça dela doía que ela não agüentava ficar em pé. Ela perdia o centro de equilíbrio. Até hoje...”*

*“(...) até pouco tempo atrás uma dor de cabeça”*

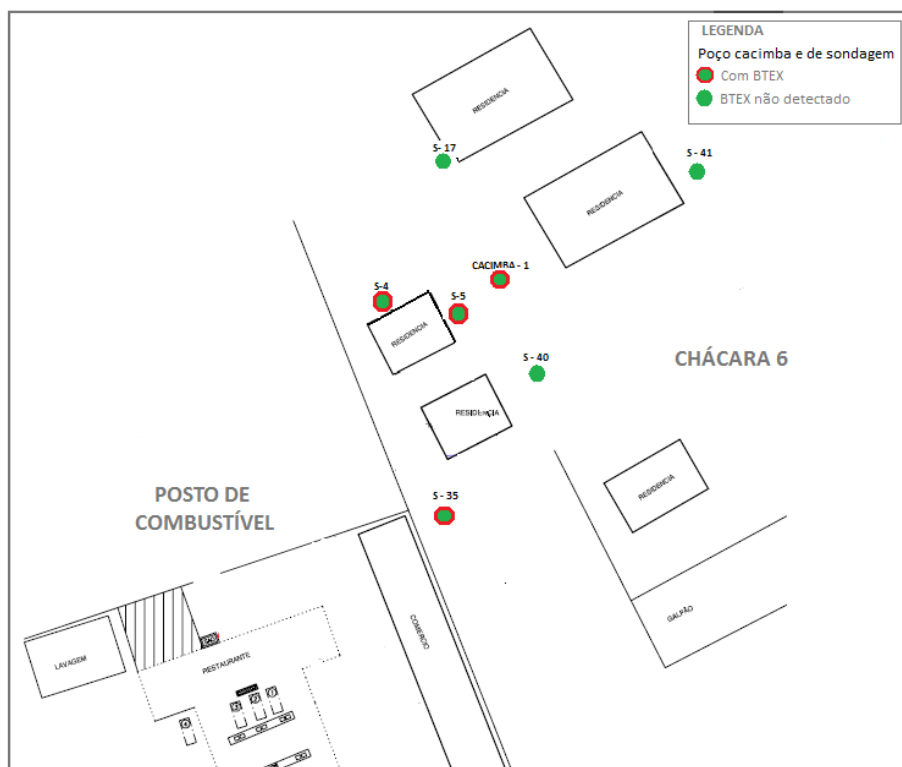
*“(...) até hoje eu tenho que suplementar a minha alimentação pra não apresentar anemia.”*

*“(...)minha ferritina nesses últimos anos varia de quatro pra sete ... tome ferro... come não sei o que...”*

*“(...) Eu nunca mais fui a mesma, entendeu?... minha supra-renal está péssima, tenho problema no sistema circulatório... ganho de peso, nunca mais consegui emagrecer.”*

### ***Seleção dos Contaminantes de Interesse***

Os poços de sondagem e poços cacimbas da Chácara 6 amostrados e com presença de BTEX na água subterrânea estão mostrados na Figura 20.



**Figura 20** – Localização dos pontos de coleta de água subterrânea com presença de BTEX na Chácara 6.

Os resultados analíticos compilados dos Relatórios Ambientais da Distribuidora de Combustível relacionados às amostras de solo, água subterrânea e alimentos da área da Chácara 6 foram:

Solo: das amostras coletadas nos poços de sondagem (Figura 21) nos meses de maio/2002 (S-04 e S-05), junho/2002 (S-17) e setembro/2002 (S-40, S-41 e S-42) as que apresentaram as maiores concentrações de BTEX (50µg/kg e 40µg/kg) estavam numa profundidade de 2m, e o benzeno foi detectado numa única amostra (7µg/kg) na profundidade de 1m no poço de sondagem (S-04) (Tabela 12).

**Tabela 12** – Valores dos compostos BTEX (µg/kg) obtidos nas amostras de solo da Chácara 6, de 1 a 6 metros de profundidade.

Compostos	S-04		S-05		S-17		S-40		S-41		S-42
	1m	3m	1m	6m	1m	4m	2m	4m	2m	4m	2m
B	<u>7</u>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
T	6	5	8	2	2	2	34	5	<u>43</u>	5	26
E	nd	nd	nd	1	<u>8</u>	nd	2	nd	1	nd	nd
X	nd	nd	nd	<u>6</u>	3	nd	4	nd	<u>6</u>	nd	1



Compostos	S-04		S-05		S-17		S-40		S-41		S-42
	1m	3m	1m	6m	1m	4m	2m	4m	2m	4m	2m
BTEX	13	5	8	9	13	2	40	5	<b>50</b>	5	27

nd: (< 1µg/kg)

Fonte: Relatório Ambiental da Distribuidora de Combustível

Os valores máximos encontrados no solo para cada composto e para BTEX total são menores que aqueles indicados pela CETESB (2005a) como valores de intervenção para um cenário residencial (Tabela 13). Estes resultados mostram que a presença destes compostos no solo da Chácara 6 não indicam a necessidade de remediação ou uma avaliação de risco para estes compostos neste compartimento.

**Tabela 13** – Comparação entre os maiores valores obtidos de BTEX nas amostras de solo da Chácara 6 e os valores de intervenção da CETESB (residencial).

Compostos	Maiores Valores Obtidos (mg/kg)*	Valor de Intervenção da CETESB (mg/kg)
Benzeno	0,007	0,08
Tolueno	0,043	30,00
Etilbenzeno	0,008	40,00
Xilenos	0,006	30,00
BTEX	0,050	100,08

\* Tabela 12

Água subterrânea: amostras de água para análise foram coletadas em 3 poços cacimbas localizados na área da Chácara 6. Somente as amostras coletadas no poço cacimba 1 apresentaram níveis detectáveis de BTEX (Figura 20; Tabela 14).

**Tabela 14** – Níveis de BTEX (µg/L) na água subterrânea do poço cacimba 1 da Chácara 6 entre maio e outubro de 2002.

Componentes	Maió	Agosto	Setembro	Outubro
B	220	510	860	<b>880</b>
T	1000	480	3100	<b>3700</b>
E	67	64	<b>130</b>	89
X	840	710	2.870	<b>3.900</b>

Componentes	Maio	Agosto	Setembro	Outubro
BTEX	2.127	1.764	6.960	<b><u>8.569</u></b>

LD=1µg/L

Fonte: Relatório Ambiental da Distribuidora de Combustível

As maiores concentrações de BTEX do poço cacimba 1 foram encontradas nos meses de setembro e outubro. Comparando estas concentrações com os valores de intervenção da CETESB (2005a) para área residencial e da Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004a) observa-se que as concentrações de benzeno, tolueno e xileno superam esses valores de referência sendo considerados como contaminantes de interesse para o estudo (Tabela 15).

**Tabela 15** – Níveis de BTEX (µg/L) encontrados nas amostras de água subterrânea do poço cacimba 1 da Chácara 6 e os valores de intervenção (µg/L) da CETESB e Ministério da Saúde.

Compostos	Maiores valores*	Valores de Intervenção		Contaminante de interesse?
		CETESB	MS	
Benzeno	880	5	5	sim
Tolueno	3700	700	170	sim
Etilbenzeno	130	300	200	não
Xilenos	3900	500	300	sim

\* Tabela 14

Dos 17 poços de sondagem avaliados, foi detectado BTEX na água subterrânea em somente três poços, mostrados na Tabela 16.

**Tabela 16** – Níveis de BTEX na água subterrânea dos poços de sondagem da Chácara 6 em 2002.

Poço de Sondagem	Componentes	Concentração de BTEX (µg/L)			
		Julho	Agosto	Setembro	Outubro
S-4	B	NA	210	2.100	2.000
	T	NA	450	5.000	4.400

Poço de Sondagem	Componentes	Concentração de BTEX (µg/L)			
		Julho	Agosto	Setembro	Outubro
S - 5	E	NA	42	460	430
	X	NA	520	4.000	3.600
	B	60	710	NA	NA
	T	6.900	4.300	NA	NA
S - 35	E	1.200	910	NA	NA
	X	8.100	6.200	NA	NA
	B	NA	NA	1.300	1.300
	T	NA	NA	4.300	4.200
	E	NA	NA	640	560
	X	NA	NA	4.700	4.400

NA- não avaliado (LD=1µg/L)

Considerando que a água subterrânea dos poços de sondagem não era utilizada pela população, os resultados de BTEX nestes poços não foram considerados para a seleção dos contaminantes de interesse e conseqüentemente na avaliação da exposição.

Alimentos: amostras de vegetais foram coletadas em diferentes pontos da Chácara 6 nos meses de agosto e novembro de 2002 e fevereiro de 2003 sendo que BTEX foram detectados apenas na segunda amostragem (Tabela 17). Dos alimentos de consumo humano analisados, benzeno foi detectado em pitanga (254,4 µg/kg) e manga verde (3,0 µg/kg) no ponto 4 (Figura 21).

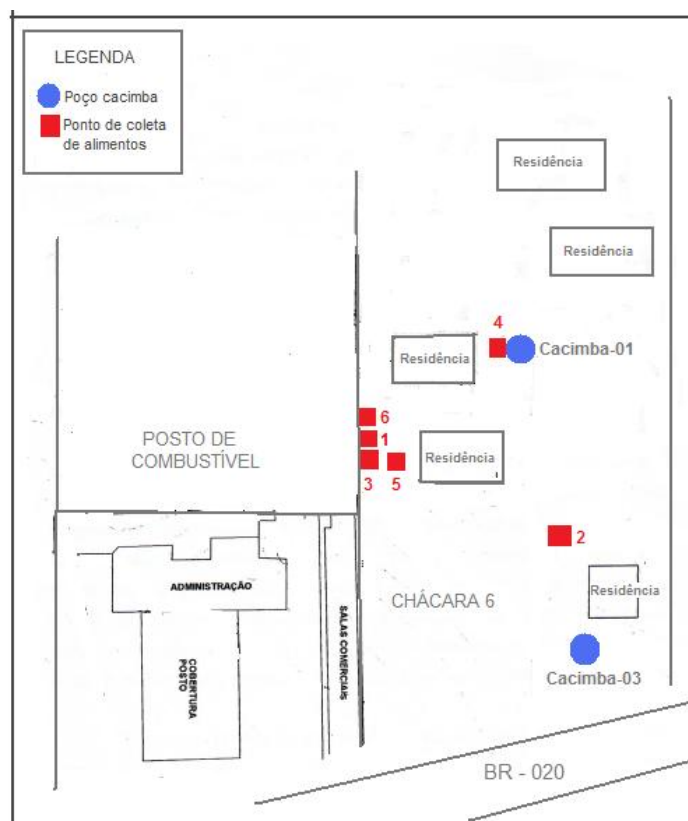
**Tabela 17** – Concentração dos componentes BTEX (µg/kg) obtidas nos alimentos cultivados na Chácara 6 em novembro/2002

Ponto de Coleta	Alimento	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
1	Pitanga (fruto)	nd	56,7	19,4	109,3
2	Pitanga (fruto)	253,4	71,6	39,4	201,3
3	Maracujá (folhas)	nd	75,2	16,6	153,6

Ponto de Coleta	Alimento	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos
4	Manga (fruto verde)	3,0	8,8	1,1	17,6
5	Acerola (fruto)	nd	24,7	47,6	60,5
6	Bambu (folhas)	2,2	19,3	6,7	100,6

nd: não detectado

Fonte: Relatório Ambiental da Distribuidora de Combustível



**Figura 21** – Localização dos pontos de coleta de alimentos cultivados na Chácara 6, amostrados em novembro/2002 para análise de BTEX.

O Quadro 8 mostra a classificação do benzeno, tolueno e xilenos quanto ao seu potencial carcinogênico. Apenas o benzeno é considerado carcinogênico segundo a U.S.EPA e a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC).

**Quadro 8** – Classificação para carcinogenicidade em humanos dos compostos BTX.

Composto	U.S.EPA <sup>(1)</sup>	IARC <sup>(2)</sup>
Benzeno	A	1A
Tolueno	D	3
Xilenos	-	3

1) A – Carcinogênico; D – Não há evidências de ser carcinógeno humano (dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais);

2) 1A– Carcinogênico; 3 – Não há evidências de ser carcinógeno humano (dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais)

Dentre os componentes do BTEX, o benzeno é o que apresenta maior volatilidade (alta pressão de vapor), lenta absorção no solo (menor log K<sub>ow</sub>) associado à alta mobilidade que propicia fácil lixiviação para a água subterrânea (baixo log K<sub>oc</sub>) e uma vez na água apresenta alta solubilidade nessa, embora não apresente a maior meia vida nesse compartimento ambiental (Tabela 1). Considerando o comportamento do benzeno no solo e na água subterrânea que favorece o contato deste com os receptores da área, bem como seu caráter carcinogênico e sua presença nas amostras de manga e pitanga cultivadas na Chácara 6, selecionou-se este composto como contaminante de interesse para a condução deste estudo.

### ***Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição***

O ***Modelo Conceitual*** deste estudo foi elaborado com base nas informações sobre o contaminante de interesse (benzeno) e dos compartimentos ambientais afetados, para estabelecer possíveis rotas de exposição pelos receptores (população da Chácara 6) durante o seu período de permanência na Chácara 6 (até outubro de 2002). Nesse modelo conceitual, estão estabelecidas nove rotas de exposição para a população da Chácara 6 (Quadro 9).

Três rotas foram definidas como completas: o contato dérmico, o consumo de água subterrânea e o consumo de alimentos, já que nestas estão presentes todas as informações que ligam a fonte de contaminação ao receptor. As demais rotas foram categorizadas como potenciais devido a: a) ausência de dados quantitativos da concentração de benzeno no ar para avaliação das vias de inalação de vapores devido ao aquecimento da água subterrânea para uso no banho e cozimento de alimentos e outras atividades internas e externas; b) ausência da concentração de benzeno na biota (galinha e ovos) para a via de ingestão

desses. A rota potencial associada à exposição ao solo na Chácara 6 foi descartada devido a concentração de benzeno ser inferior ao valor de referência.

Conforme preconizado na metodologia adotada neste estudo, foram selecionadas as rotas completas para a continuidade da avaliação de risco, visto que a denominação “população exposta” se aplica aos receptores de uma rota completa (BRASIL, 2007a).

**Quadro 9.** Modelo Conceitual para a avaliação de risco à exposição ao benzeno na Chácara 6, tendo como fonte de contaminação vazamento no Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustível (SASC) do Posto vizinho.

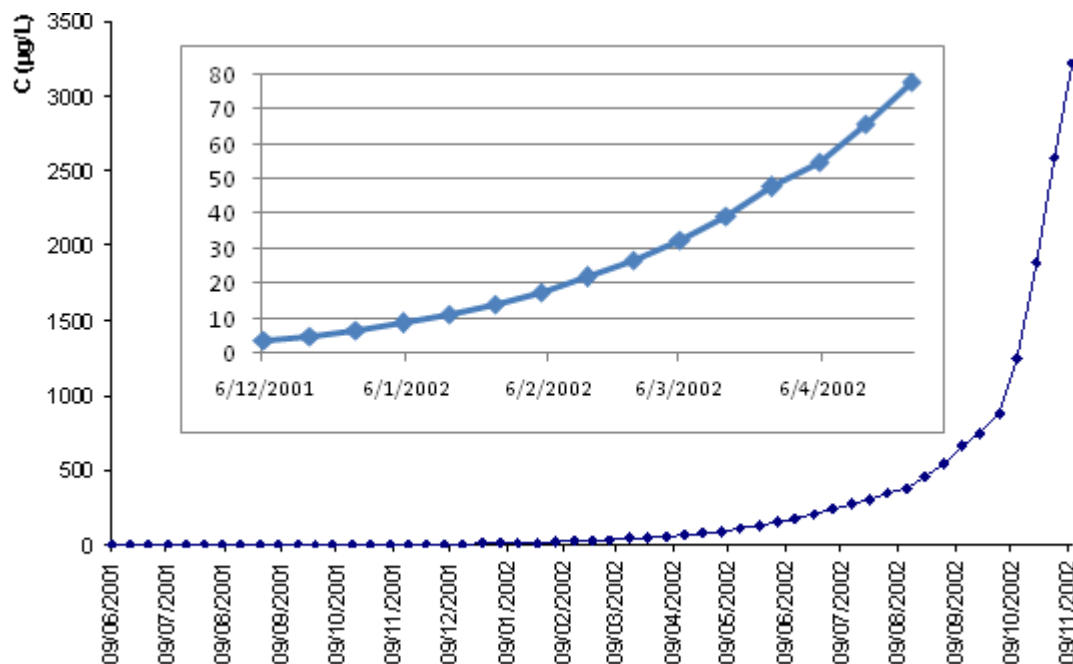
Compartmento ambiental afetado	Mecanismo de transporte	Via de exposição	Rota de exposição
Água subterrânea	Advecção e dispersão	Contato dérmico	completa
		Consumo*	completa
		Inalação de vapores gerados pelo aquecimento da água (banho e cozimento de alimentos)	potencial
	Vaporização	Inalação no ambiente interno	potencial
		Inalação no ambiente externo	potencial
		Absorção	completa
Biota (alimentos cultivados)	Absorção	Consumo	completa
Biota (animais de criação e ovos)	Absorção	Consumo	potencial
Solo superficial	Adsorção	Inalação de material particulado	Potencial**
		Contato dérmico	Potencial**

\* Até junho 2002      \*\* descartada

### ***Implicações na Saúde Pública***

A estimativa da concentração de benzeno no poço cacimba 1 foi feita utilizando o modelo Visual Modflow. O modelo estimou que o primeiro registro de níveis de benzeno superior a 5µg/L na água, valor máximo permitido na água de consumo humano (BRASIL, 2004a), ocorreu em dezembro de 2001 (Figura 22). Desta maneira, o tempo de exposição

desta população a níveis inseguros de benzeno através do consumo de água foi de 7 meses (até junho 2002) e de exposição por outras vias (respiratória e dérmica) a água foi de 11 meses (até outubro de 2002).



**Figura 22** – Concentração de benzeno no poço cacimba 1 simulada pelo modelo Visual ModFlow.

### Dose estimada de exposição a benzeno pelo consumo de água (DEia)

Para o cálculo do Fator de Exposição foi considerada uma frequência de 7dias/semana com uma duração da exposição de 7 meses (dezembro/2001 a junho/2002) para um tempo de exposição para toda a vida (média de 70 anos).

$$FE = \frac{(7\text{dias/semana}) (31 \text{ semanas/ano}) (0,58\text{anos})}{(70 \text{ anos}) (365 \text{ dias/ano})} = 0,005$$

Para o cálculo da DEia (Equação 3, Quadro 5), considera-se a concentração de benzeno como a maior concentração na água subterrânea encontrada no período de exposição (dezembro 2001 a junho 2002). Esta concentração foi encontrada em maio de 2000, no valor de 0,22 mg/L. As doses de exposição a benzeno pelo consumo de água subterrânea contaminada com benzeno para cada faixa etária da população em estudo está mostrada na Tabela 18.

**Tabela 18** – Valores da Dose de Exposição da ATSDR (DEia) a benzeno na concentração de 0,22 mg/L pelo consumo de água subterrânea, segundo a faixa etária, considerando o fator de exposição FE de 0,005.

<b>Faixa etária (anos)</b>	<b>Taxa Ingestão (TI) (l/dia)</b>	<b>Peso Corporal (kg)</b>	<b>DEia (mg/kg-dia)</b>
1-11	1	30	3,7E-5
12 -17	2	50	4,4E-5
≥ 18 (homem)	2	75	2,9E-5
≥ 18 (mulher)	2	63,8	3,4E-5

$$DEia = \frac{C \times TI \times FE}{PC}$$

#### **Dose estimada de exposição a benzeno pelo consumo de frutas contaminadas (DEal)**

Para estimar a DEal, considera-se o consumo (TI) de 128g/dia de manga e de 42g/dia de pitanga, e um período de 3 meses de disponibilidade destas frutas a partir do início da exposição (dezembro a fevereiro) e uma concentração de benzeno de 3,0E-6mg/g e 2,53E-4mg/g encontrada nas amostras de manga e pitanga, respectivamente. Os resultados para diferentes faixas etárias da população exposta estão mostrados na Tabela 19.

$$FE = \frac{(7 \text{ dias/semana}) (13 \text{ semanas/ano}) (0,25 \text{ anos})}{(70 \text{ anos}) (365 \text{ dias/ano})} = 0,0009$$

**Tabela 19** – Dose de Exposição Total (DEal), em mg/kg pc/dia, para o consumo de manga (128g/dia) e pitanga (42g/dia) contaminadas com benzeno (3,0E-6mg/g e 2,53E-4mg/g) pela população da Chácara 6, segundo a faixa etária. FE= 0,0009

<b>Faixa etária (anos)</b>	<b>PC (kg)</b>	<b>Manga</b>	<b>Pitanga</b>	<b>Total</b>
1-11	30	1,1E-08	3,2E-07	3,3E-07
12 -17	50	6,9E-09	1,9E-07	1,9E-07
≥18 (homem)	75	4,6E-09	1,3E-07	1,3E-07
≥18 (mulher)	63,8	5,4E-09	1,5E-07	1,5E-07

$$DEal = \sum_{i=1}^n \frac{C \times TI \times FE}{PC}$$



### Dose estimada para absorção dérmica de benzeno por contato com água contaminada (DDag)

Para estimar a exposição dérmica, considera-se o maior valor de concentração de benzeno encontrada no período de exposição (dezembro 2001 a outubro de 2002), que foi de 0,88 mg/L. Para a estimativa do tempo de exposição (TE) foi assumido neste estudo uma exposição por 12 (doze) minutos durante o banho (CETESB, 2001a) para uma frequência de 2X por dia para as crianças e menores de 1 (um) ano e de 1X por dia para os adolescentes e adultos. Considerou-se uma permeabilidade de 0,18cm/hora a 25°C (ATSDR, 2007) e uma exposição adicional de duas horas para as mulheres devido o contato das mãos e braços com a água contaminada durante os trabalhos domésticos e cuidados com o cultivo de alimentos e animais de criação e estimação. A Tabela 20 mostra a DDag calculada pela equação 5.

**Tabela 20** – Estimativa da Dose de Exposição Total para a absorção dérmica de benzeno (0,88 mg/L) considerando a permeabilidade de 0,18cm/hora segundo a faixa etária para a população da Chácara 6.

Faixa etária (anos)	AS (cm <sup>2</sup> )	PC (kg)	TE (hora/dia) (a)	DDag Total (mg/kg-dia)
Até 1	3.500	10	0,4	0,022
1-11	8.750	30	0,4	0,018
12 -17	15.235	50	0,2	0,009
≥18 (homens)	19.400	75	0,2	0,008
≥18 (mulheres)	16.900	63,8	0,2	0,008
≥18 (mulheres)*	3.120	63,8	2	0,015
≥18 (mulheres)**	-	-	-	0,023

AS – Área superfície corporal TE – Tempo de Exposição PC – Peso Corporal  
(a) CETESB (2001a); \* exposição adicional; \*\* exposição total;

$$DDag = \frac{C \times P \times AS \times TE \times 1\text{litro}}{PC \times 1000\text{cm}^3}$$

Segundo a ATSDR (2007) os riscos da exposição a benzeno independem da via, desta maneira as duas vias de exposição – oral, através do consumo de água e alimento, e dérmica devem ser consideradas aditivamente para se estimar uma exposição total. A

Tabela 21 mostra a dose de exposição total (DET) estimada para a população da Chácara 6 para o período de dezembro/2001 a outubro/2002.

**Tabela 21** – Estimativa da Dose de Exposição Total ao benzeno (mg/kg pc/ dia) para a população da Chácara 6, no período de dezembro/2001 a outubro/2002, segundo a faixa etária.

<b>Faixa etária (anos)</b>	<b>DEia</b>	<b>DEal</b>	<b>DDag</b>	<b>Dose Exposição Total (DET)</b>
Até 1	-	-	2,2E-2	0,022
1-11	3,7E-5	3,3E-07	1,8E-2	0,018
12 -17	4,4E-5	1,9E-07	0,9E-2	0,009
≥18 (homens)	2,9E-5	1,3E-07	0,8E-2	0,008
≥18 (mulheres)	3,4E-5	1,5E-07	2,3E-2	0,023

Claramente, observa-se que a única dose de exposição relevante para a exposição total ao benzeno é a via de contato dérmico com a água subterrânea (DDag). A exposição a benzeno através do consumo de água e de alimentos é negligível.

Para avaliar o risco não carcinogênico da exposição a benzeno, a DET para cada faixa etária foi comparada com os Níveis de Risco Mínimo (Minimal Risk Level – MRL= 5,0E-4 mg/kg-dia; ATSDR) e a Dose de Referência (RfD-oral Reference Dose; 4,0E-3 mg/kg-dia; EPA) para este composto. Em todos os casos, a DET excedeu os valores seguros de exposição, chegando a ser quase 50 vezes maior que a MRL para menores de 1 ano e mulheres adultas

Para a avaliação de possíveis efeitos carcinogênicos foi considerado conservativamente um fator de inclinação oral (*oral slope factor*) de  $5,5 \times 10^{-2}/(\text{mg/kg/dia})$  (U.S.EPA, 2003) para comparação com a dose de exposição total. Este fator de inclinação indica o excesso de câncer devido a exposição de 1mg benzeno/kg pc/dia numa população, normalmente de  $10^{-5}$  ou  $10^{-6}$  habitantes. No nosso estudo, a exposição da população (DET) variou entre 0,008 a 0,023mg/kg/dia, desta maneira, o excesso de risco de câncer da população em estudo é estimado multiplicando-se a DET em cada faixa etária pelo fator de inclinação (Tabela 22).

**Tabela 22** – Estimativa do excesso de risco de câncer para as doses de exposição total para a população da Chácara 6, considerando um fator de inclinação (*oral slope factor*) de 0,055mg/kg pc/dia, conforme citado pela ATSDR, 2007.

<b>Faixa Etária (anos)</b>	<b>Dose Exposição Total (mg/kg-dia)</b>	<b>Excesso de risco de câncer para toda vida/10<sup>5</sup> habitantes</b>
Até 1 ano	0,022	0,0012
1 - 11	0,018	0,001
12 - 17	0,009	0,0005
≥18 (homem)	0,008	0,0004
≥18 (mulher)	0,023	0,0013

O risco adicional de desenvolvimento de câncer na população de maior risco em estudo (mulheres  $\geq 18$  anos), principalmente devido ao contato dérmico com água contaminada com benzeno, foi de 0,0013 câncer/10<sup>5</sup> habitantes. Segundo a ASTDR (2007), o consumo de água contendo 0,01 mg/L de benzeno está relacionado com um risco adicional de 1 câncer numa população de 10<sup>5</sup> habitantes. Considerando a maior concentração encontrada na água consumida pela população (dez 2001-junho 2002) de 0,22 mg/L, o risco da população exposta ao consumir água contaminada é de 22 casos adicionais de câncer para 100.000 habitantes.

### ***Avaliação dos Dados de Saúde***

Os *exames toxicológicos* (análise de ácido hipúrico, metil hipúrico, mandélico e trans-trans mucônico) foram realizados nos meses de maio e setembro/2002 por laboratórios distintos. Devido à ausência de referência sobre o método analítico utilizado pelo primeiro laboratório (maio/02) constando apenas “G/C in Diagnosis of Drug Intoxication”, os resultados obtidos não foram considerados.

Dos 18 (dezoito) indivíduos examinados, somente o indivíduo 18 (M) apresentou alteração para o parâmetro ácido hipúrico (3,1 g/g creatinina), estando duas vezes superior ao valor de referência (até de 1,5 g/g de creatinina).

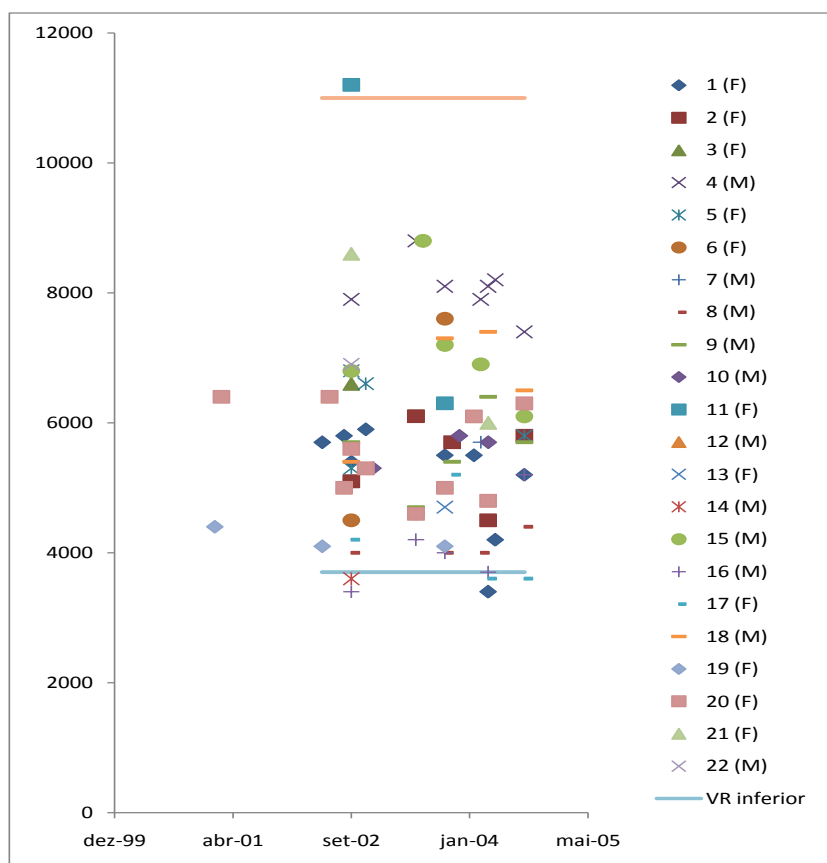
O protocolo nacional para investigação de casos suspeitos de intoxicação por benzeno está associado à exposição ocupacional (BRASIL, 2006b; BRASIL, 2004c). Neste protocolo, recomenda-se para identificação de alterações hematológicas (na ausência de

série histórica) três hemogramas consecutivos com intervalo de quinze dias considerando como primeiro o correspondente a admissão. A média desses três exames corresponde ao valor de comparação para verificação da leucopenia.

No presente estudo, como não se trata de uma população ocupacional, não se tem resultados de exames segundo o protocolo do Ministério da Saúde. Portanto, os resultados dos exames laboratoriais da população da Chácara 6 foram comparados aos valores de normalidade considerados pelos laboratórios de análises clínicas e assumido como alteração qualquer valor diferente desse. Para a análise foram selecionados os parâmetros cuja alteração se repete pelo menos em dois exames consecutivos com intervalo máximo de 60 dias.

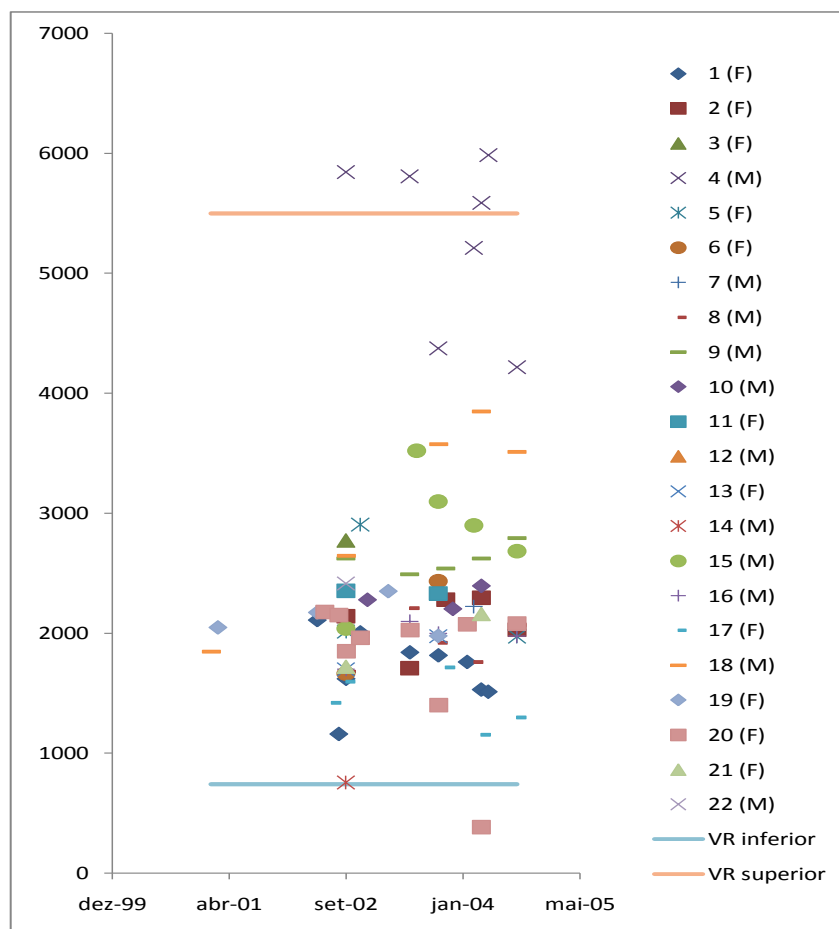
### 1) *Série branca*

a) *Leucócitos* - somente o indivíduo 17F apresentou duas alterações neste parâmetro num intervalo máximo de 60 dias, com valores inferiores ao de normalidade (3.700/ $\mu$ l). Essa alteração é denominada como leucopenia (Figura 23).



**Figura 23** – Distribuição dos valores de leucócitos dos indivíduos da Chácara 6 comparados com o valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas (3.700 a 11.000/ $\mu$ l).

b) *Linfócitos* – valores alterados foram observados no indivíduo (4M) nos quatro exames realizados, com valores superiores ao de normalidade ( $5.500/\mu\text{L}$ ), cuja alteração se denomina linfocitose (Figura 24).

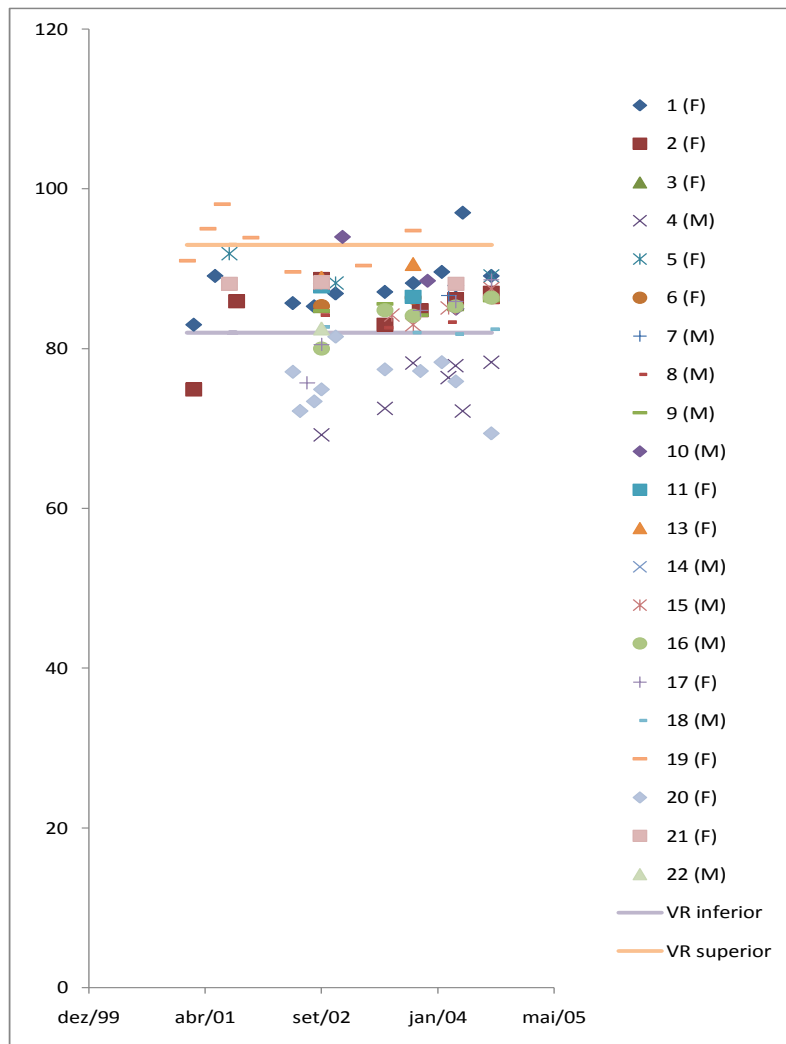


**Figura 24** – Distribuição dos valores de linfócitos dos indivíduos da Chácara 6, segundo o valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas ( $740/\mu\text{L}$  a  $5.500/\mu\text{L}$ ).

c) *Neutrófilos (segmentados e bastões), monócitos e eosinófilos*, não foram observados indivíduos com alterações nestes parâmetros.

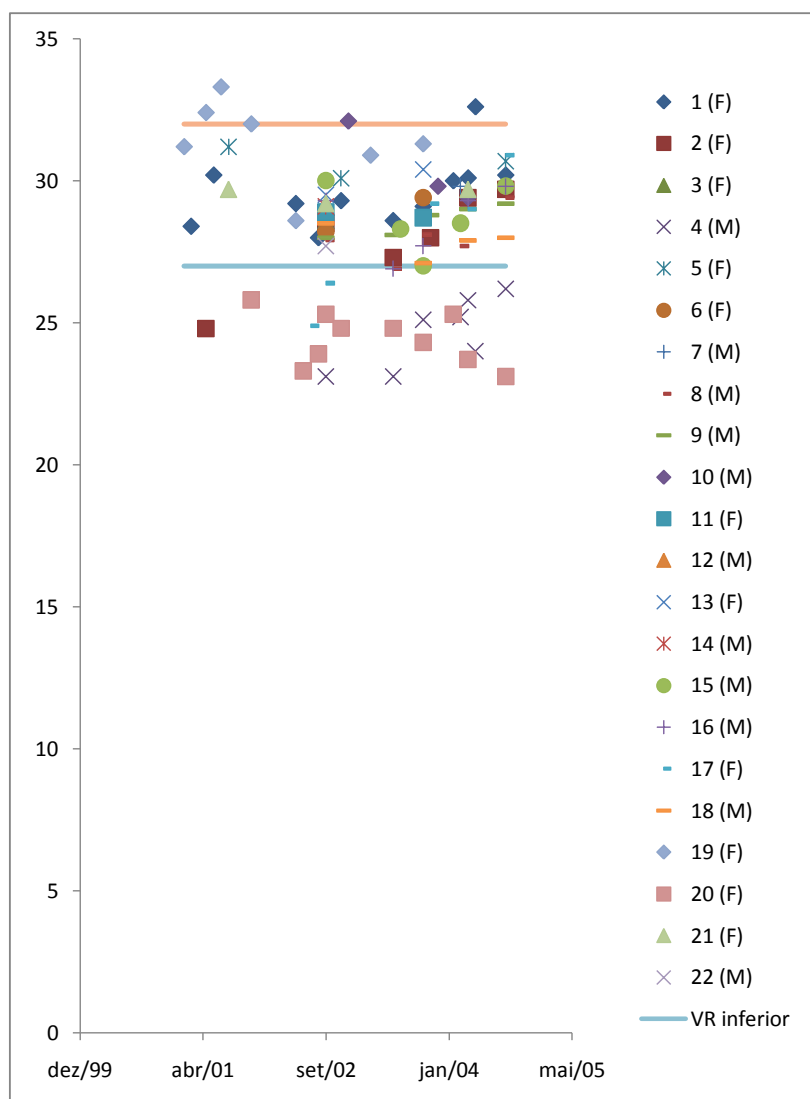
## 2) *Série vermelha*

Alterações no parâmetro tamanho dos eritrócitos (MCV) foram observadas nos indivíduos 4M e 20F com valores inferiores ao de normalidade ( $\text{MCV} < 82\text{pg}$ ) ou microcitose, e no indivíduo 19F superior ao valor de normalidade ( $\text{MCV} > 93\text{pg}$ ) ou macrocitose (Figura 25).



**Figura 25** – Distribuição dos indivíduos com alterações no tamanho dos eritrócitos (MCV), tendo como valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas o intervalo de 82pg a 93pg.

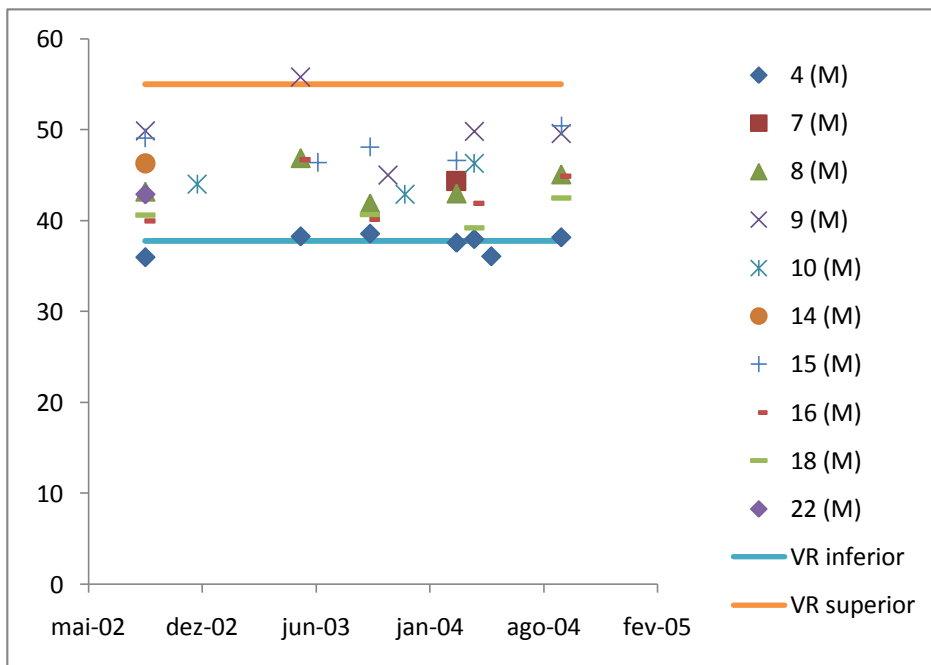
Valores de HCM foram encontrados abaixo do valor de referência (27pg) nos indivíduos 4M, 17F e 20F (Figura 26).



**Figura 26** – Distribuição dos indivíduos com alterações na média de hemoglobina por eritrócito (HCM), tendo como valor de normalidade utilizado pelos laboratórios de análises clínicas o intervalo de 27pg a 32pg.

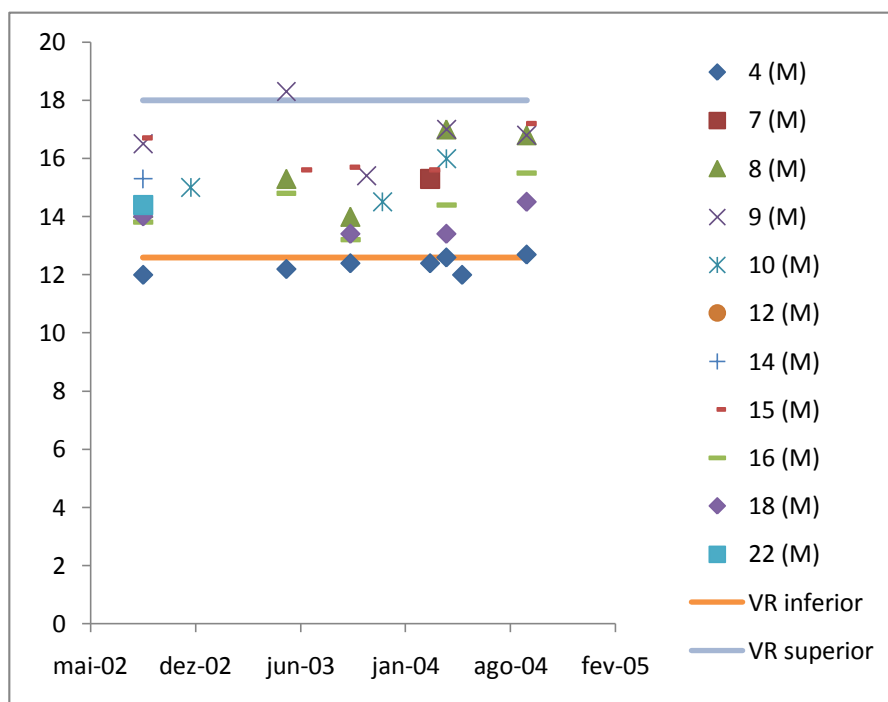
Não foram observadas alterações nos parâmetros: *CHCM* e na contagem de *plaquetas* e de *eritrócitos*.

Alterações no valor de *hematócrito* foram observadas no indivíduo 4M que apresentou valores abaixo do valor de normalidade para homens (37,8%) (Figura 27), não sendo observadas alterações nos indivíduos do sexo feminino.



**Figura 27** – Distribuição dos valores de hematócrito em indivíduos do sexo masculino segundo os valores de normalidade utilizados pelos laboratórios de análises clínicas (37,8 a 55%).

Alterações nos valores de *hemoglobina* no sexo masculino foram observadas no indivíduo 4M que apresentou valores inferiores ao de referência (12,6g/dL) (Figura 28). Não foi observado alteração deste parâmetro no sexo feminino.



**Figura 28** – Distribuição dos valores de hemoglobina em indivíduos do sexo masculino, segundo os valores de normalidade pelos laboratórios de análises clínicas (12,6 a 18g/dL).

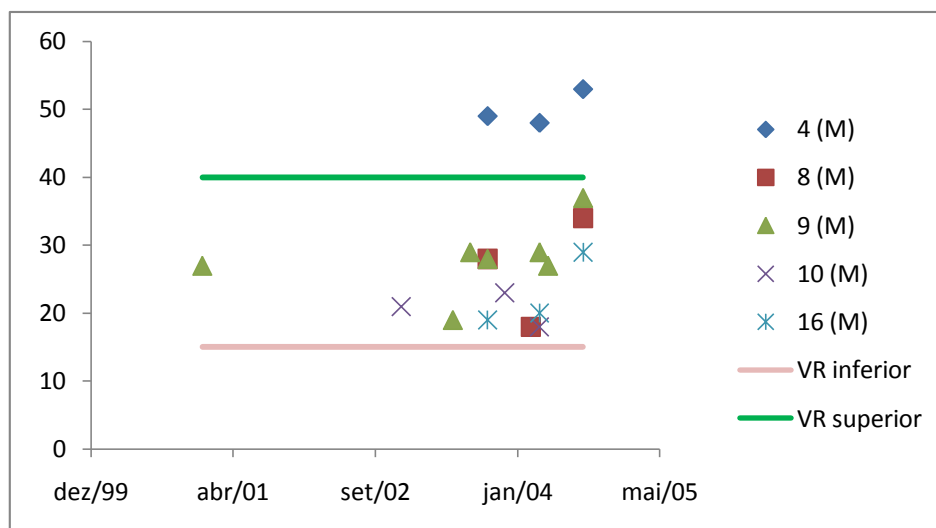


Em resumo, os indivíduos que apresentaram alterações na série branca foram o 17F e o 4M; os que apresentaram alteração na série vermelha foram o 4M, 17F, 19F e 20F.

Agrupando-se os parâmetros alterados da série branca e vermelha observa-se que a série vermelha apresentou maior número de parâmetros alterados (N=5) e entre os indivíduos o que apresentou maior quantidade de parâmetros alterados foi o 4M. A maioria dos indivíduos com parâmetros alterados é do sexo feminino (N=4) e todos adultos (>18 anos), ressaltando-se que o único do sexo masculino (4M) é uma criança menor de 1 ano. De acordo com os critérios adotados previamente, exames complementares dos indivíduos 4M, 17F, 19F e 20F foram avaliados. Da mesma forma, que alteração nesses exames é a ocorrência consecutiva (pelo menos 2X) de valores diferentes dos valores de normalidade.

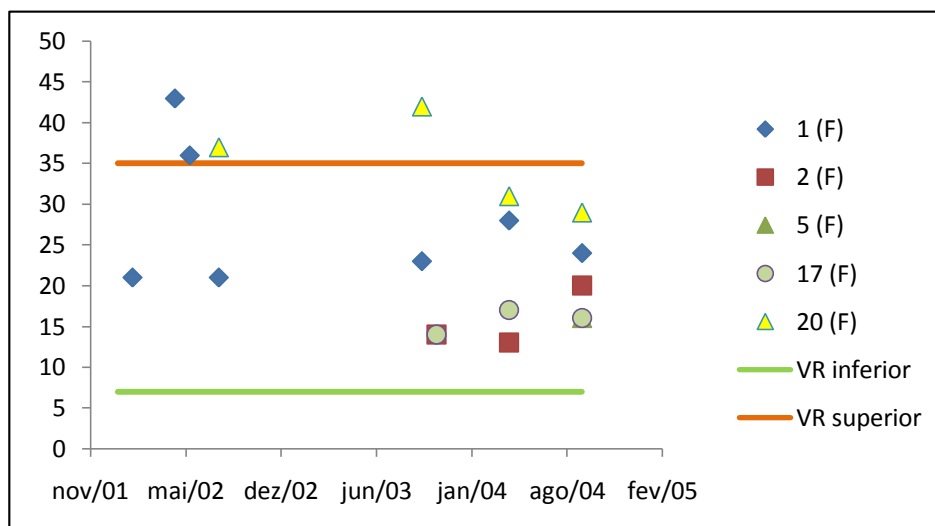
### 3) Função hepática

*Transaminase oxalacética (TGO)* foi avaliada somente nos pacientes 4M e 20F. Destes, somente o indivíduo 4M apresentou alteração, com valores acima do valor de normalidade (40U/l) (Figura 29).



**Figura 29** – Distribuição dos valores de TGO (AST) obtidos no indivíduo do sexo masculino (4M) em comparação com os valores de normalidade utilizados pelos laboratórios de análises clínicas (15 a 40U/l).

*Transaminase pirúvica TGP (ALT)* foi avaliada nos pacientes 4M, 17 F e 20F, dos quais apenas o ultimo apresentou valores fora da normalidade (Figura 30).



**Figura 30** – Distribuição dos valores de TGP (ALT) obtidos nos indivíduos do sexo feminino em comparação com os valores de normalidade (7 a 35U/l).

Não foi observado alteração de *fosfatase alcalina*, *Gama Glutamil Transferase (gama GT)*, *globulina*, *bilirrubinas totais e fração* e para *albumina* nos indivíduos selecionados.

#### 4) Função renal

Os parâmetros *creatinina* e *uréia* não apresentaram alterações nos indivíduos avaliados, sendo que o indivíduo 19F não possuía resultados para estes parâmetros.

#### 5) Perfil lipídico

Os parâmetros para análise do perfil lipídico (HDF, LDL, VLDL, triglicerídeos, fosfolipídeos, lipídeos totais e colesterol total) foram realizados apenas uma vez (set/2002) e por não atender aos critérios adotados não foi analisado.

6) *Proteína C reativa*: não foram observadas alterações nos exames dos indivíduos avaliados.

7) *Velocidade de hemossedimentação (VHS)* na 1ª e 2ª hora - não foram observadas alterações nos exames dos indivíduos avaliados.

8) *Hepatite B* (Anti HBC- IGG e Anticorpos-Anti HBE) e *Hepatite C*: sem positividade

para os indivíduos avaliados.

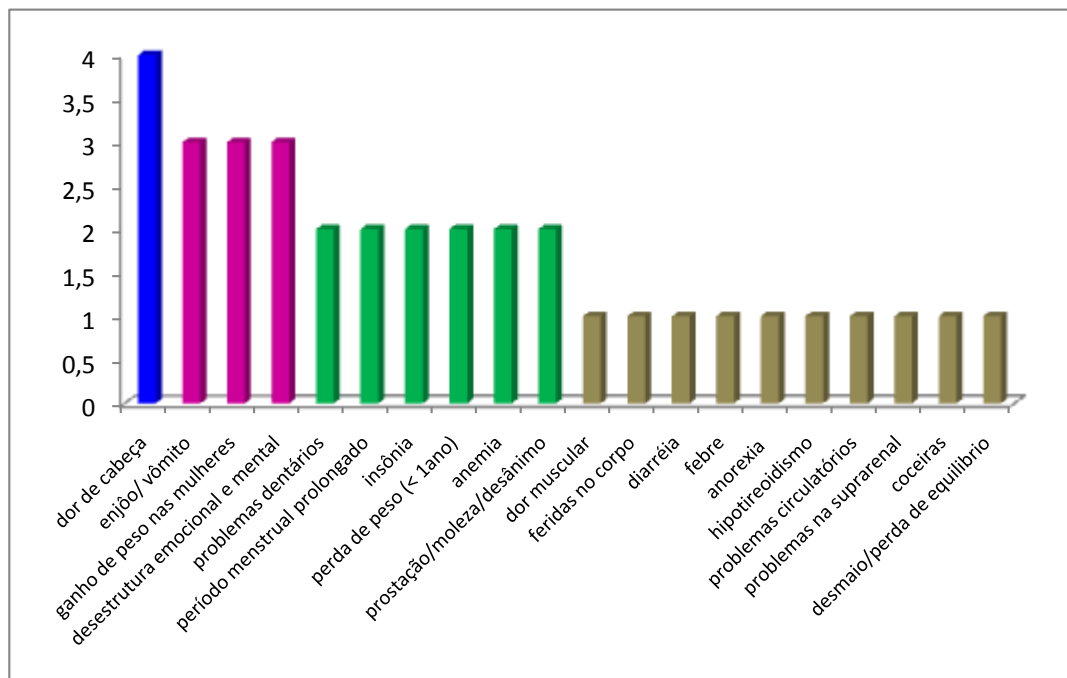
Agrupando-se todos os parâmetros que apresentaram alterações observa-se que o indivíduo 4M foi o que apresentou o maior número de alterações (Quadro 10)

**Quadro 10** – Alterações observadas nos exames de sangue periférico (série branca e vermelha) e exames complementares nos indivíduos selecionados.

<b>Alterações observadas</b>	<b>Indivíduos</b>			
	4M	17F	19F	20F
Aumento nº linfócitos (linfocitose)	x			
Diminuição nº leucócitos (leucopenia)		x		
Diminuição MCV (microcitose)	x			x
Aumento MCV (macrocitose)			x	
Diminuição de HCM	x	x		x
Diminuição do hematócrito	x			
Diminuição de hemoglobina	x			
Aumento de TGO	x			
Aumento de TGP				x

#### *Avaliação e resposta às preocupações da comunidade com sua saúde*

As preocupações da população, extraídas das discussões nos grupos focais, estavam relacionadas às alterações de saúde associadas à exposição decorrente do acidente, que organizadas em ordem decrescente segundo a frequência com que foram citadas foram: dor de cabeça, seguida por enjôo/vômito, ganho de peso nas mulheres e desestruturação emocional e mental, entre outras (Figura 31).



**Figura 31** – Frequência dos problemas de saúde citados pelos participantes do Grupo Focal.

## DISCUSSÃO

O acidente ambiental ocorrido no DF em 2002, objeto do presente estudo, reforça a assertiva de vários autores de que a principal causa de contaminação de solo e águas subterrâneas por derivados de petróleo está relacionada a problemas no Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC) em postos revendedores de combustível (BUENO, 2008; LÓPEZ *et al.*, 2008; TAKEUCHI, 2008; FORTES *et al.*, 2007; MINDRISZ, 2006; FATORELLI, 2005; TIBURTIUS *et al.*, 2004). Além de problemas no SASC, o acidente no posto combustível estava associado com a operação inadequada da descarga de diesel e com a prática de lançar os efluentes das atividades do posto diretamente no solo, sem qualquer tratamento.

A divulgação de eventos de contaminação do meio ambiente com potencial risco à saúde humana geralmente ocorre por parte da própria comunidade e/ou por denúncias na mídia (BRASIL, 2005a). A área de estudo não fugiu a essas circunstâncias; a denúncia da população da Chácara 6 e a divulgação do acidente pela mídia acionou as autoridades públicas e chegou ao conhecimento da população em geral. Qualquer que seja o fator desencadeante da divulgação do acidente ambiental, as autoridades locais deverão tomar decisões baseadas no risco, a fim de determinar a extensão e urgência de ações corretivas e o alcance e intensidade dessas ações para eliminar os possíveis efeitos adversos a saúde humana e/ou ao meio ambiente.

Existem várias similaridades na caracterização ambiental da área e na identificação de risco para potenciais receptores entre as metodologias RBCA e ATSDR (adaptada a experiência brasileira), porém algumas diferenças entre suas finalidades são importantes. A metodologia RBCA subsidia a tomada de decisão para a adoção ou não de medidas de remediação, eixo de preocupação de órgãos públicos e entidades da área de meio ambiente. A ATSDR, ao direcionar o foco sobre os potenciais danos a saúde humana decorrente da exposição, subsidia a tomada de decisão dos órgãos e entidades que recomendam ou executam ações de proteção à saúde.

Essas diferenças e similaridades são nítidas no contexto teórico individualizado, mas haveria diferenças nos resultados da avaliação de risco entre as metodologias utilizadas pela Distribuidora e a ATSDR (adaptada a experiência brasileira) caso fossem utilizadas num mesmo cenário de contaminação? Tal comparação só seria factível se realizada num projeto de pesquisa, visto que seria impraticável em condições de serviço (atendimento a acidentes ambientais) devido ao alto custo a ser aplicado no

desenvolvimento concomitante de tais estudos.

Entre outros objetivos, o presente estudo se propôs a conduzir um estudo de avaliação de risco à saúde utilizando a metodologia da ATSDR (adaptada à experiência brasileira) para a população da Chácara 6, vizinha ao posto revendedor de combustível, e comparar os resultados obtidos nos estudos conduzidos pela Distribuidora de Combustível.

A área afetada pelo acidente ambiental é formada pelo Domínio Fraturado (relacionado com as zonas fraturadas das rochas proterozóicas), que é considerado o mais importante em termos de abastecimento de água. Nesse, a água subterrânea é armazenada em aquíferos livres ou confinados, de restrita extensão lateral e forte heterogeneidade, no qual a recarga ocorre por infiltração das águas armazenadas no sistema poroso sobrejacente por fraturas verticalizadas que atingem as zonas mais fraturadas. É de se esperar que na ocorrência de vazamento de combustível nesta área haja a contaminação dos aquíferos, comprometendo a qualidade da água subterrânea. Adicionalmente, o solo local, de argilo-siltoso para argilo-arenoso, favorece a passagem dos hidrocarbonetos para o aquífero.

As características hidrológicas e geológicas da área do acidente provavelmente favoreceram o avanço da pluma de contaminação na água subterrânea até a área vizinha (Chácara 6). A determinação desse avanço parece contraditória nos relatórios ambientais da Distribuidora de Combustível, pois se por um lado foi justificado pela ocorrência de um segundo vazamento em setembro/2002, resultados analíticos de amostras de água subterrânea no poço cacimba 1 da Chácara 6 já indicavam altas concentrações de BTEX em maio/2002 e presença de fase livre no poço de sondagem a 21 m a montante do poço cacimba 1 em agosto/2002. A presença de BTEX em maio/2002 no poço cacimba 1 sugere que se trata da fase dissolvida de vazamento anterior, conforme simulado neste estudo no modelo Visual ModFlow (Figura 22). A informação da população no Grupo Focal sobre a percepção de odor de gasolina na água abastecida pelo poço cacimba 1 em maio/2002, reforça essa suposição. De fato houve um vazamento em março deste ano, que não foi comunicado aos órgãos responsáveis.

Outro fator que provavelmente contribuiu para a extensão da contaminação foi o efeito de cossolvência pela presença de etanol na gasolina, que proporciona um aumento na solubilidade do BTEX e no processo de transferência de massa (advecção e dispersão) nos aquíferos. Valentin (2006) mostrou que quando há adição de 10% de etanol à gasolina, a solubilidade de benzeno, tolueno e xilenos aumentam em 20, 40 e 50%, respectivamente. Este aumento pode ser ainda maior na gasolina brasileira, que possui 25 % de etanol

A Distribuidora de Combustível, co-responsável com o Posto revendedor pelo

acidente ocorrido no DF, conduziu avaliações de risco e ações de remediação nas áreas afetadas, conforme determina a legislação ambiental brasileira. A empresa utilizou primeiramente a metodologia RBCA (*Tier 2*), em julho de 2002, para caracterizar a pluma de contaminação do lençol freático e nortear as ações de remediação e, após um ano, avaliou o risco associado ao consumo de alimentos cultivados nas áreas utilizando a metodologia da U.S.EPA. Todos os contaminantes relevantes do combustível vazado (BTEX e HPAs) foram considerados como de interesse para a avaliação de risco, mesmo aqueles não detectados analiticamente (admitido o valor do limite de detecção).

O presente estudo conduziu a avaliação de risco com foco no impacto à saúde da população da Chácara 6, somente (área C, Figura 18). Apenas o benzeno foi considerado como contaminante de interesse, devido à sua presença na água subterrânea utilizada pela população da Chácara 6 e nos alimentos por eles consumidos, ao seu caráter carcinogênico e suas propriedades físico-químicas. Atualmente, não se conhece adequadamente a resposta tóxica ou carcinogênica da mistura BTEX (ATSDR, 2004b; IARC, 1999). Kolesnikovas (2006) sugeriu que nos estudos de avaliação de risco a BTEX, o benzeno seja considerado como único composto de interesse.

A seleção do benzeno como contaminante de interesse neste estudo não subtrai a exposição aos outros hidrocarbonetos que também interagem com o meio e atingem o receptor pelas diferentes vias, e cujas interações toxicológicas podem aumentar ou diminuir a toxicidade do contaminante em relação ao esperado (BRASIL, 2007a). O tolueno, por exemplo, é um inibidor do metabolismo do benzeno e a magnitude dessa inibição é dose dependente, isto é, pode não ocorrer a baixos níveis de exposição. Estudos com animais de laboratório mostraram que o tolueno influencia a toxicidade do benzeno, inibição dos efeitos hematológicos e imunológicos, sendo que a inibição hematotóxica é independente da rota de exposição (ATSDR, 2007).

Entre os modelos conceituais deste estudo e da Distribuidora há similaridade na identificação das vias de exposição, exceto pela não consideração, por esta última, do contato dérmico com a água subterrânea e o consumo de animais de criação (galinha) e ovos. Ambos os estudos selecionaram para a avaliação de risco as rotas de exposição completa. A partir da identificação da fonte de emissão do contaminante de interesse (benzeno), dos meios ambientais contaminados (água subterrânea e alimento), dos mecanismos de transporte (advecção, dispersão e absorção), dos pontos de exposição humana (água subterrânea e biota), das vias de exposição (inalação, ingestão e contato dérmico) e da população receptora (moradores da Chácara 6) este estudo identificou nove

rotas de exposição, sendo três completas: consumo da água subterrânea contaminada e seu contato com a pele, e o consumo dos alimentos cultivados.

A principal via de exposição ao benzeno, ocupacional ou ambientalmente, tem sido considerada a inalatória (ATSDR, 2007), principalmente pela emissão por cigarro e motores automotivos (combustão). No entanto, a exposição ambiental ao benzeno decorrente da contaminação de solo e água subterrânea por problemas operacionais em postos de combustíveis, provoca novas reflexões desse contexto. Os estudos de Jo e Moon (1999) citado pela ATSDR (2007) reforçam esse entendimento quando identificam que a concentração de benzeno no ar interno de residências próximas a postos de combustíveis é de 1,5 vezes maior que no ar externo. Lindstrom *et al* (1994), fundamenta a importância de se considerar nas avaliações de risco a exposição aos vapores de benzeno durante o banho, visto que a exposição na proximidade do chuveiro (banho de 20 minutos a 33-37°C) é cerca de 2 a 5 vezes maior do que em outras áreas do banheiro, pelo mesmo tempo de exposição.

No estudo conduzido pela Distribuidora, não foi analisado os níveis de contaminação do ar na área afetada. Na avaliação de risco conduzido pela Distribuidora utilizando a metodologia RBCA (*Tier 2*), parâmetros de exposição e parâmetros físicos da área afetada, entre outros, são inseridos num modelo matemático que estima os níveis alvos específicos (mg/kg ou L) pelas várias vias de exposição, inclusive a inalatória. Desta maneira, o modelo permitiu estimar o risco associado a esta via. Este modelo não está previsto na metodologia ATSDR.

A via dérmica tem uma importante contribuição para a exposição total ao benzeno, principalmente quando o contato ocorre com a água contaminada. A permeabilidade do benzeno na superfície corporal humana aumenta com a elevação da temperatura e sob radiação solar, mesmo quando na pele é aplicado óleo ou repelente para insetos (Nakai *et al.* citado pela ATSDR, 2007). Na avaliação realizada neste estudo, o contato dérmico com a água subterrânea contaminada foi a única via de exposição importante para a exposição total, principalmente para mulheres adultas ( $\geq 18$  anos), possivelmente devido a maior exposição ocasionada pela execução dos serviços domésticos, e para crianças, devido à maior frequência de banhos diários.

No estudo da Distribuidora (RBCA, *Tier 2*) a via que mais contribuiu para o risco foi o consumo da água subterrânea. Para o cálculo do risco, o modelo matemático estima o nível máximo aceitável (SSTL- *Site Specific Target Levels*) para cada componente BTEX e considera uma condição de concentração constante e fluxo permanente, com



transporte por advecção e dispersão, para o transporte de contaminantes. Uma via de exposição apresenta risco quando as concentrações obtidas são superiores ao SSTL. Na avaliação de risco conduzida pela Distribuidora utilizando a metodologia U.S.EPA, o risco atribuído ao consumo de manga pela população da Chácara 6 foi de 4 casos de câncer para  $10^5$  habitantes para crianças. Para adultos e adolescentes, este risco adicional foi de  $\sim 1,65 \times 10^{-5}$  habitantes.

A via de exposição pelo consumo de alimentos tem uma importância potencial segundo a ATSDR (2007), que inclusive disponibiliza uma lista de alimentos com potencial presença de benzeno, como frutas, peixes, vegetais, nozes, produtos de laticínios, bebidas e ovos; sendo esse último o que apresenta maior concentração (até  $2.100 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). No presente estudo, dados de concentração de benzeno não estava disponível para alimentos de origem animal produzidos e consumidos pela população da Chácara 6.

Considerando que na população havia uma criança menor de 1 ano (lactente), poderia indagar-se sobre a possibilidade de exposição pelo leite materno. Fabietti et al, 2004 citado pela ATSDR (2007) faz referência níveis de  $0,01$  a  $0,18 \mu\text{g}/\text{kg}$  de benzeno no leite de nutrizes expostas pela via inalatória. Não há referência sobre a excreção de benzeno ou seus metabólitos no leite materno devido a exposição dérmica ou oral.

Neste estudo, a exposição total a benzeno foi maior que os valores de exposição segura para efeitos adversos não carcinogênicos (MRL e RfD). A ingestão total de benzeno pelas vias avaliadas excedeu a dose de referência segura para efeito não carcinogênico para todas as faixas etárias. O risco carcinogênico estimado para a exposição ao benzeno (total e específico para o consumo de água) é de até  $22 \times 10^{-5}$  habitantes. A estimativa de câncer para a região Centro-Oeste, segundo o Ministério da Saúde/INCA, era em 2002 de cerca de 400 casos novos por 100.000 habitantes (BRASIL, 2002a).

O limiar de percepção de odor de benzeno na água é de  $2000 \mu\text{g}/\text{L}$  (ATSDR, 2007) e os moradores da Chácara 6 relataram ter sentido forte cheiro de combustível na água em maio de 2002. Porém, a amostra de água subterrânea coletadas nesse mês apresentou níveis de benzeno de  $220 \mu\text{g}/\text{L}$ , isto é, quase dez vezes menor do nível necessário à percepção do odor. Este nível foi utilizado para avaliar a exposição da população a benzeno pelo consumo de água e é provável que esta estimativa esteja subestimada. Esta amostra foi enviada para análise na Alemanha (Laboratório 1), e é provável que parte do benzeno contido na mesma tenha sido perdido por volatilização durante o transporte.

As avaliações de risco realizadas neste estudo e pela Distribuidora, subestimam o risco da população afetada pelo acidente no Posto de Combustível. Os estudos da

Distribuidora não avaliaram a via de contato dérmico com a água subterrânea por não constar essa via no modelo utilizado (RBCA) e o consumo de pitangas contaminadas foi negligenciado. No presente estudo, não foi estimado o risco associado à inalação de vapores de benzeno em ambiente interno (volatilização da água subterrânea) por falta de dados de sua concentração nesse ambiente. Ambos os estudos não consideraram a exposição pelo consumo de ovos e galinha por ausência de dados de concentração de benzeno nestes compartimentos.

Segundo o Ministério da Saúde (2007a), mulheres adultas e crianças expostas às substâncias químicas, desenvolvem efeitos à saúde que não são normalmente encontrados na população em geral, podendo ocorrer com maior gravidade ou precocidade. As crianças não são adultos pequenos, e, portanto são portadoras de particularidades como maior superfície corporal por peso corporal (cerca de 3 vezes maior do que em adultos), maior frequência respiratória por minuto (65 vezes maior do que em adultos) e maior consumo de água e alimento por peso corporal (mais que 2 vezes do que em adultos (ATSDR, 2007; COUTO, 2006). Mulheres são mais susceptíveis do que os homens por metabolizarem 23-26% mais benzeno, possuir maior coeficiente de partição sangue/ar e maior percentual de gordura no corpo (ATSDR, 2001a).

Considerando a renda familiar (~ 20 salários mínimos) e o nível de escolaridade dos participantes do grupo focal (maioria de nível superior), incluindo um profissional médico e outro jornalista, percebe-se que essa população possuía habilidades para avaliar os potenciais impactos decorrentes do acidente, disseminar internamente informações a respeito dos riscos à saúde e formular estratégias de uso da mídia. A divulgação do acidente na mídia trouxe os resultados esperados. A influência do nível de escolaridade sobre a percepção de risco tem apresentado resultados divergentes. Para Asante-Duah (2002) essa influência se soma ao contexto cultural e à fonte de informação. Dados do Registro Nacional de Exposição ao Benzeno (NER Benzene; ATSDR, 2001a), indicam que não há relação entre o nível de escolaridade e o aumento do número de pessoas cadastradas. Este cadastramento é feito voluntariamente por indivíduos expostos ao benzeno pelo consumo de água contaminada e que residiram na área contaminada por mais de 30 dias consecutivos no período de exposição.

Nas discussões nos grupos focais, percebe-se um desencadeamento de sentimentos e percepções dos indivíduos da Chácara 6 em relação ao acidente. Primeiro, a perda dos sonhos e ideais relacionados com a chácara onde moravam “(...) acabou o sonho da gente. Acabou... Acabou...”; “(...) era a casa que nós construímos aqui ... a gente tava vendo que

*a gente ia perder ela ... pra onde a gente ia com um monte de menino pequeno.*” Angustias que se concretizaram posteriormente “(...) *me tirou da minha casa.*” “(...) *as nossas casas onde a gente existiu*” [Grifo nosso].

A associação de problemas de saúde com a exposição ficou evidente em algumas falas “ (...) *coceira ... prostração... dor de cabeça... tontura ... enjoô... vontade de vomitar o dia inteiro ... sintoma de mal estar ... moleza (...)* hipotireoidismo ... *fiquei menstruada no total quase 180 dias ... todas as mulheres ganharam peso (...)*”. Algumas preocupações específicas relacionadas ao bebê menor de 1 ano (...) *parecia uma folha de papel não tinha peso... o dente dele nasceu todo estragado... ele não comia, só bebia.*” Havia também a crença de que a exposição ao BTEX ocasionasse duas alternativas: “*a morte ou leucemia depois de 20 anos de exposição*”.

A ocorrência de alterações neuropsicológica e neurocomportamental são citadas em diversos estudos com populações expostas, estando inclusive referida na normatização brasileira relativa a trabalhadores expostos ocupacionalmente ao benzeno. A população exposta devido ao acidente em estudo não foi avaliada quanto a estes aspectos, embora a desestruturação emocional e mental “(...) *uma bagunça mental geral.*”) e o baixo aproveitamento escolar tenha sido mencionado pela população como um dos problemas associados à exposição/situação vivenciada.

A maioria das alterações de saúde relatadas pelos componentes dos grupos focais é descrita na literatura como relacionadas à exposição ocupacional ao benzeno (ATSDR, 2007; BRASIL, 2004c; ATSDR, 2004b; BRASIL, 2003a; SILVA *et al*, 2002; ATSDR, 2001a). Outras, porém, não foram descritas em outros estudos e possivelmente refletem o estado emocional da população diante de uma situação de risco. Com relação à exposição ao benzeno, não há evidências de alterações de ordem cardiovascular, endócrina, hepática, renal e gastrointestinal (ATSDR, 2007); b) não se observa ganho de peso em humanos e animais, ao contrário, estudos experimentais em ratos relatam perda de peso (ATSDR, 2007); c) não há relato de alteração de ordem odontológico em menores de 1 ano. As alterações observadas devido ao efeito fetotóxico do benzeno foram anomalias esqueléticas, diminuição na calcificação óssea e a presença de costelas extras (MicroMedex, \_\_\_); e d) não há relato de quadro febril.

A fala de um dos participantes expressa a percepção do grupo: “(...) *eu não procurei isso, eu não quero isso. Eu não dei direito nunca, nenhum de fazerem isso com a minha vida.*” Em relação ao poluidor ficou o “*descaso*” e o “*despreparo*” dos órgãos públicos, sendo marcado por sentimentos de “*indignação, impotência e abandono*”.

Estabelecer a relação entre os efeitos à saúde na população e os níveis de exposição (relação causa/efeito) nem sempre é possível, principalmente devido à carência de indicadores biológicos que reflitam os níveis do contaminante no organismo. A dosagem dos indicadores biológicos de exposição ao BTEX na população da Chácara 6 consta dos exames laboratoriais solicitados Distribuidora. Na análise feita em setembro de 2002, apenas o bioindicador do tolueno (ácido hipúrico) foi detectado, em uma criança do sexo masculino. A não detecção do AttM-U, indicador biológico do benzeno, pode estar associada ao fato de que exposições simultâneas com tolueno reduzem cerca de 25% os teores desse metabólito. Ressalta-se que o resultado da avaliação médica realizada pela Distribuidora de Combustíveis não consta nos relatórios ambientais consultados.

Para análise dos resultados laboratoriais dos indivíduos da Chácara 6 foi elaborado um fluxograma de suspeição específico para a condição do estudo (Figura 13), devido a ausência de referências para a condição de exposição ambiental ao benzeno. Nove dos 34 parâmetros analisados apresentaram alteração em algum indivíduos, sendo cinco da série vermelha: diminuição de MCV (microcitose), aumento de MCV (macrocitose), diminuição de HCM (hemoglobina corpuscular média), diminuição do hematócrito e de hemoglobina. Entre os quatro indivíduos com exames alterados de acordo com o protocolo de suspeição adotado, a diminuição de HCM e de MCV foram as alterações mais prevalentes. Essas alterações também são observadas em indivíduos cronicamente expostos ao benzeno em condições ocupacionais (MicroMedex, \_\_\_\_; ATSDR, 2001a; BRASIL, 2004c; U.S.EPA, 2003). Não foi possível inferir sobre a saúde da população da Chácara 6, devido a falta de informações das avaliações clínicas conduzidas na população (que não foi disponibilizada pela Distribuidora) e exames laboratoriais periódicos.

Dos quatro indivíduos que apresentaram alteração nos exames laboratoriais, três eram mulheres (duas adultas e uma adolescente) e um bebê de 6 meses do sexo masculino. Esse último apresentou o maior número de exames alterados (N=6). Por suas particularidades, mulheres e crianças tem sido considerado como o grupo populacional mais susceptível à exposição ao benzeno (ATSDR, 2007; ATSDR, 2001a; COUTO, 2006) e também foi identificado neste estudo como o grupo de maior exposição e risco à esta substância

Os riscos de potenciais efeitos adversos à saúde, aqui avaliados, referem-se ao intervalo de tempo em que os estudos foram realizados. No entanto, não se podem descartar processos de adoecimento futuros e nem tão pouco prever a necessidade de atendimento de saúde, exames, tratamento ou qualquer tipo de intervenção que possam ser

necessários; visto que o processo de adoecimento pode vir a ocorrer anos mais tarde secundário a mecanismos que se desencadearam a partir da exposição.

A avaliação dos efeitos à saúde por exposição ambiental aos hidrocarbonetos ainda é tímida no Brasil, principalmente devido a carência de profissionais capacitados, tanto do setor saúde quanto de meio ambiente. Compete aos primeiros promover a saúde pública, e aos segundo licenciar, fiscalizar e monitorar as atividades potencialmente poluidoras, demonstrando uma interface de trabalho fortemente interinstitucional. Licenciar uma atividade potencialmente poluidora significa empreender um olhar “holístico” muito além das questões tidas como de cunho ambiental (meio ambiente natural, uso e ocupação do solo, etc), pois, em geral, tais empreendimentos apresentam em seu entorno uma população humana que poderá ser afetada. Ao mesmo tempo, não se promove saúde pública sem considerar as questões ambientais, sociais e culturais em que está inserida a população.

O Ministério da Saúde vem capacitando os profissionais das secretarias estaduais de saúde que trabalham na vigilância em saúde ambiental para atuar neste tema. Mas é inegável a necessidade de infra-estrutura e fortalecimento desse tema internamente nas instituições públicas com interface na saúde e meio ambiente. Segundo o Ministério da Saúde “(...) para a tomada de decisão, gerenciamento e comunicação do risco é necessário que o processo de avaliação de risco seja claro e transparente, conhecido pelas partes envolvidas: população, especialmente os expostos, cientistas, governo, justiça, legisladores, indústria, entre outros, para **garantir a preservação da saúde e qualidade de vida da população**” (BRASIL, 2007a). (*Negrito nosso*)

Estudos de casos relacionados a potenciais efeitos à saúde decorrente da exposição à água subterrânea contaminada por BTEX foram desenvolvidos no Brasil (KOLESNIKOVAS, 2006; MINDRIZS, 2006; FORTE *et al*, 2004; MICHELS, 2004; SILVA *et al*, 2002), mas nenhum deles avaliou quantitativamente a exposição. Segundo Bueno (2008), a maioria dos estudos conduzidos no Brasil (87%) se limita a confirmar a contaminação da água subterrânea.

O Ministério da Saúde (BRASIL, 2007) recomenda que se elaborem protocolos de vigilância e atenção à saúde com vista à identificação de população exposta ou sob risco de exposição a contaminantes ambientais. Este protocolo prevê que a avaliação inicial seja feita para todos os indivíduos num prazo máximo de 12 meses, e que o acompanhamento da saúde dessa população por meio de avaliações periódicas, seja por, no mínimo de 15 anos. Ao final deste prazo, propõe uma reavaliação considerando a existência de novas informações e evidências, visto que algumas situações possam demandar acompanhamento

de saúde continuado. Ruiz *et al* (1993) já recomendava que os indivíduos expostos fossem observados de forma sistematizada, padronizada e seriada, com a finalidade de assegurar a constatação de alterações na saúde, visto a extensa variabilidade destas.

Na população da Chácara 6 foi adotado um protocolo de levantamento inicial das condições de saúde (Anexo IV) em setembro de 2002 e estabelecido, entre a Distribuidora e órgãos públicos, um acompanhamento quadrimestral durante 10 anos.

Este estudo utilizando a metodologia de avaliação de risco proposta pelo Ministério da Saúde – ATSDR, adaptada a experiência brasileira - foi o primeiro a ser conduzido no Distrito Federal, e poderá servir de apoio à introdução da metodologia na região e subsidiar a condução de estudos futuros, assim como proporcionar aos profissionais do setor saúde e de meio ambiente uma fonte de consulta para a tomada de decisão em cenários semelhantes.

## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Na aplicação de qualquer metodologia de avaliação de risco é imprescindível a coleta/levantamento de informações e dados ambientais da área (inerentes ao setor de meio ambiente) e também aqueles relativos às questões de saúde. A interpretação dos resultados é enriquecida quando profissionais de diferentes áreas estão envolvidos. Esta multidisciplinaridade fortalece o desempenho/competência das instituições públicas marcadas pela deficiência de recursos humanos e de infra-estrutura. O presente estudo mostrou que a metodologia da ATSDR adaptada à experiência brasileira pelo Ministério da Saúde é passível de ser aplicada nas instituições com interface na saúde e meio ambiente, desde que haja interlocução entre essas. Não é necessário a aquisição de modelos matemáticos desde que os órgãos competentes saibam que parâmetros ambientais devem ser exigidos do poluidor para a condução do estudo.

A priorização da área com uso do instrumento de valoração mostrou-se coerente com a magnitude do acidente (Categoria A) e precocemente sinalizou a necessidade de realização de uma avaliação de risco à saúde. As metodologias de avaliação de risco utilizadas pela Distribuidora e neste estudo não mostraram divergência nos resultados obtidos, todas apresentam a existência de risco à saúde. No entanto, trata-se de um risco subestimado devido a falta de coleta de amostras do ar e outros alimentos cultivados na Chácara 6 para a quantificação do benzeno, quando do diagnóstico ambiental da área.

Os resultados do Grupo Focal revelam a importância de envolver na avaliação de risco a população afetada, tanto no levantamento de informações da área quanto para o conhecimento de suas preocupações e dúvidas. Conforme observado na população da Chácara 6, há uma percepção clara do impacto gerado pela contaminação da água subterrânea por benzeno, inclusive sobre à saúde. A ausência dos órgãos de estado e do poluidor junto a essa população durante a ocorrência do evento gerou insegurança e desconfiança, possivelmente por não terem sido adotadas ações concretas de comunicação de risco.

A abordagem conservadora neste estudo foi adotada visando obter estimativas mais seguras devido às incertezas relacionadas à falta de informações para uma completa avaliação da exposição. As recomendações relativas as ações de saúde e de meio ambiente decorrente dos resultados obtidos neste estudo estão mostradas no Quadro 11. Apesar do tempo transcorrido entre o acidente e este estudo algumas das recomendações devem ser conhecidas pelos órgãos públicos competentes para as providências necessárias.

**Quadro 11** – Critérios e Recomendação para a Chácara 6 com categoria de risco A.

<b>CRITÉRIOS</b>	<b>RECOMENDAÇÃO DE AÇÕES DE SAÚDE</b>	<b>RECOMENDAÇÃO DE AÇÕES AMBIENTAIS</b>	<b>MEDIDAS ADOTADAS</b>
Existiram rotas de exposição completas ao benzeno (substância carcinogênica) presente na água subterrânea e frutas cultivadas na área.	Interromper a exposição da população e, na impossibilidade de eliminação dos riscos, remover a população.	Remediação da água subterrânea até os níveis aceitáveis,  Monitoramento das condições ambientais.	Remoção da população em outubro/2002,  Remediação da água subterrânea adotada e encerrada em 2007,  Acompanhamento pelo órgão ambiental
Existiram rotas de exposição completas com dose de exposição em níveis acima dos valores de referência (MRL, RfD e <i>Slope factor</i> )	Impedir o consumo e uso da água subterrânea e o consumo dos alimentos cultivados.	-	Interrompido o consumo da água subterrânea em junho/2002, mas seu uso e o consumo de alimentos cultivados na área (exceto da horta) continuaram até a remoção da população (outubro/2002),
Os dados de efeitos na saúde da população sugerem um possível impacto adverso na saúde humana que requer melhor investigação e monitoramento.	Acompanhar a saúde da população: <ul style="list-style-type: none"> <li>• elaborar protocolos específicos para avaliação de saúde da população para melhor investigação das alterações identificadas;</li> <li>• elaborar protocolo para monitoramento da saúde da população e monitorar de forma sistematizada, padronizada e seriada,</li> <li>• implantar uma agenda com o órgão ambiental para retro-alimentação das ações desenvolvidas,</li> <li>• envolver o Centro de Informação e Atendimento Toxicológico (CIAT) na tomada de decisão</li> </ul>	-	-



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKSOY, M. (1989). Hematotoxicity and carcinogenicity of Benzene. Environmental Health Perspectives, v. 82, p. 193-197. Environmental Health Perspective v. 82, pp 193-197, jul. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=1568112&pageindex=1>  
Acesso em: 21/10/2008
2. AMORIM, L. C. A. (2003). Os Biomarcadores e sua Aplicação na Avaliação da Exposição aos Agentes Químicos Ambientais. Revista Brasileira de Epidemiologia 158 Vol. 6, Nº 2
3. ASANTE-DUAH, K. (2002). Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals. Kluwer Academic Publishers. Disponível em: [http://books.google.com.br/books?id=TUzVWBsL994C&printsec=frontcover&source=gbs\\_summary\\_r&cad=0#PPP1,M1](http://books.google.com.br/books?id=TUzVWBsL994C&printsec=frontcover&source=gbs_summary_r&cad=0#PPP1,M1) Acesso em: 26/05/2009
4. ASCHIDAMINI I.M.; SAUPE R. (2004). Grupo Focal Estratégia Metodológica Qualitativa: Um Ensaio Teórico. Cogitare em Enfermagem, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 09-14.
5. ASTM. (1995). American Society for Testing and Materials. Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites. ASTM E-1739.
6. ATSDR (\_\_\_) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual (Update). Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAManual/ch2p1.html> Acesso em: 17/07/2006.
7. ATSDR (1992) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAManual/toc.html> Acesso em: 17/07/2006.
8. ATSDR (2000) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile For Toluene. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>  
Acesso em: 05/04/2008
9. ATSDR (2000a) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Case Studies in Environmental Medicine (CSEM) - Benzene Toxicity Clinical Evaluation. Disponível em: [http://www.atsdr.cdc.gov/csem/benzene/clinical\\_evaluation.html](http://www.atsdr.cdc.gov/csem/benzene/clinical_evaluation.html) Acesso em: 21/10/2008
10. ATSDR (2001) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health

- Assessment Guidance Manual. Disponível em:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAManual/> Acesso em: 25/06/2006
11. ATSDR (2001a) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. National Exposure Registry Benzene Subregistry Baseline Through Followup 4 Technical Report, February. Disponível em:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/NER/BENZENE/2001/benzene2001.html> Acesso em: 18/01/2009
  12. ATSDR (2002) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. A Toxicology Curriculum for Communities Trainer's Manual. Disponível em:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/training/toxmanual/> Acesso em: 11/07/2008
  13. ATSDR. (2004a). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Guidance Manual for the Assessment of Joint Toxic Action of Chemical Mixtures. Disponível em:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAManual/1.2>. Acesso em 25 de julho de 2006.
  14. ATSDR. (2004b). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction profile for benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Disponível em:  
<http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/ip05.html> Acesso em: 25/07/2006
  15. ATSDR (2007) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile For Benzene. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>  
Acesso em 05/04/2008
  16. ATSDR (2007a) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Draft Toxicological Profile for Ethylbenzene. Disponível em  
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp110.pdf> Acesso em 05/04/2008
  17. ATSDR (2007b) - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Xylene. Disponível em <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf>  
Acesso em: 05/04/2008
  18. AZAMBUJA, E.; CANCELIER, D.B.; NANNI, A.S. (2000) Contaminação dos solos por LNAPL: discussão sobre diagnóstico e remediação. Disponível em:  
<http://www.azambuja.com.br/acervo/geosul2000.pdf> Acesso em: 03 de janeiro de 2006
  19. BRASIL. (1981). Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.
  20. BRASIL. (1988). Constituição Federal de 1988.
  21. BRASIL. (2001). Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 34 de 20 de

- dezembro de 2001, que determina os procedimentos para a utilização de indicador biológico de exposição ocupacional ao benzeno
22. BRASIL. (2002). Ministério da Saúde. Avaliação de Risco à Saúde Humana por Resíduos de Pesticidas em Cidade dos Meninos, Duque de Caxias. Disponível [http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=23560](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=23560). Acesso em: 12/09/2006.
  23. BRASIL. (2002a). Ministério da Saúde. Estimativas sobre a Incidência e Mortalidade por Câncer no Brasil – 2002. Revista Brasileira de Cancerologia 48(2): 175-179. Disponível em: [http://www.inca.gov.br/rbc/n\\_48/v02/pdf/editorial.pdf](http://www.inca.gov.br/rbc/n_48/v02/pdf/editorial.pdf) Acesso em: 01/05/2009
  24. BRASIL. (2003). Ministério da Saúde. Avaliação de Risco à Saúde Humana por Metais Pesados em Santo Amaro da Purificação, Bahia. Disponível [http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=24117](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=24117). Acesso em: 12/09/2006.
  25. BRASIL. (2003a). Ministério da Saúde. Norma de Vigilância da Saúde dos Trabalhadores expostos ao Benzeno. Disponível em: <http://www.opas.org.br/saudedotrabalhador/Arquivos/Sala181.pdf> Acesso em: 25/11/2008
  26. BRASIL. (2004). Ministério da Saúde. Estudo de Avaliação de Risco por Resíduos Perigosos no Condomínio Barão de Mauá, Município de Mauá, São Paulo. Disponível [http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=23843](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=23843). Acesso em: 12/09/2006.
  27. BRASIL. (2004a). Ministério da Saúde. Portaria MS/GM nº 518 – Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, de 25 de março de 2004.
  28. BRASIL. (2004b). Ministério da Saúde. Vigilância Ambiental em Saúde- textos de epidemiologia. Série A. Normas e Manuais Técnicos. 132p.
  29. BRASIL. (2004c). Ministério da Saúde. Portaria nº 776, de 28 de abril de 2004. Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno.
  30. BRASIL. (2005). Ministério da Saúde. Avaliação das Informações sobre a Exposição dos Trabalhadores das Empresas Shell, Cyanamid e Basf a Compostos Químicos – Paulínia/SP. Disponível em:

- [http://189.28.128.100/portal/arquivos/pdf/relatorio\\_paulinia.pdf](http://189.28.128.100/portal/arquivos/pdf/relatorio_paulinia.pdf) Acesso em: 12/09/2006.
31. BRASIL. (2005a). Ministério da Saúde. *Curso On Line: Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Resíduos Perigosos, Experiência Brasileira na Aplicação da Metodologia da ATSDR.* Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=26234](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=26234). Acesso em: 01/06/2008
  32. BRASIL. (2005b). Ministério da Saúde. Estudo de Avaliação de Risco por Resíduos Perigosos no Bairro Mansões Santo Antonio, Município de Campinas, São Paulo. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=23840](http://portal.saude.gov.br/portal/svs/visualizar_texto.cfm?idtxt=23840). Acesso em: 12/09/2006.
  33. BRASIL. (2006). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Resolução CIMA nº 36, de 31 de outubro de 2006.
  34. BRASIL. (2006a). Ministério da Saúde. Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/programa\\_vigisolo.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/programa_vigisolo.pdf). Acesso em: 01/06/2008
  35. BRASIL. (2006b). Ministério da Saúde. Risco Químico - Atenção à Saúde dos Trabalhadores Expostos ao Benzeno. Saúde do Trabalhador/Protocolos de Complexidade Diferenciada. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Disponível em: [http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo\\_risco\\_quim.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_risco_quim.pdf) Acesso em: 22/10/2008
  36. BRASIL. (2006c). Ministério da Saúde. Diretrizes para a Priorização de Áreas com Populações sob Risco de Exposição a Solo Contaminado. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes\\_priorizacao.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes_priorizacao.pdf) Acesso em: 22/10/2007
  37. BRASIL. (2007). Ministério da Saúde. Diretrizes para Elaboração de Protocolos de Vigilância e Atenção à Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/vigisolo\\_2008\\_diretrizes\\_protocolo.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/vigisolo_2008_diretrizes_protocolo.pdf) Acesso em: 23/09/2008
  38. BRASIL. (2007a). Ministério da Saúde. Diretrizes para Elaboração de Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição à Contaminantes Químicos. Disponível em:

[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes\\_%20avaliacao\\_%20de\\_%20risco.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/diretrizes_%20avaliacao_%20de_%20risco.pdf) Acesso em: 20/01/2009

39. BUENO, P.C. (2008) Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (SISSOLO): análise dos dados de 2004 a 2008. Monografia apresentada no Curso de Especialização em Vigilância em Saúde Ambiental da Universidade de Brasília. 80p.
40. CAMACHO, E. N. (2004) Uma Proposta de Metodologia para Análise Quantitativa de Riscos Ambientais. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 140p.
41. CÂMARA, V.M.; TAMBELINI, A.T. (2003) Considerações sobre o Uso da Epidemiologia nos Estudos em Saúde Ambiental. Rev. Bras. Epidemiol. Vol. 6, supl. 1.
42. CAMPOS, J.E.G. (2004). Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Revista Brasileira de Geociências - 34(1):41-48, março.
43. CEPIS (2000) - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/ (2000) Métodos de Evaluación de Riesgos para la Salud Generados por la Exposición a Sustancias Peligrosas Liberadas por Rellenos Sanitarios. 36p.
44. CETESB (2001). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. 2.ed. 389p. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/manual.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp) Acesso em: 08/04/2008
45. CETESB (2001a). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, de 26 de outubro de 2001.
46. CETESB. (2003). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análises de Riscos. (Norma P4. 261). 120p.
47. CETESB. (2005). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de atendimento a acidentes ambientais em postos e sistemas retalhistas de combustíveis 1984 a 2004. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.
48. CETESB. (2005a). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (Decisão de Diretoria N° 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005 da CETESB).

49. CETESB (2006). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria N° 010-2006-C de 26 de janeiro de 2006. Dispõe sobre os novos procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/decisao\\_diretoria\\_26\\_01\\_06.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Servicos/licenciamento/postos/decisao_diretoria_26_01_06.pdf) Acesso em: 23/12/2007
50. CETESB (2007). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. O Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/texto\\_areas\\_cont\\_nov\\_07.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/texto_areas_cont_nov_07.pdf) Acesso em: 11/11/2008
51. CORSEUIL, H.X. (1997). Contaminação de Águas Subterrâneas por Derramamentos de Gasolina: o Problema é Grave? Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.2, n.2, p.50-54
52. COUTO, M.L.T. (2006). Atualização dos fatores de exposição e sua influência nos valores de intervenção para solo do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado em Geociências apresentada à Universidade Estadual de Campinas, 269p.
53. DIAS, C.A (2000). Grupo Focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. Informação & Sociedade: Estudos, v.10 n.2 2000 Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/330> Acesso em: 11/03/2008
54. DOSEMECI, M.; YIN, S-N.; LINET, M.; WACHOLDER, S.; ROTHMAN, N.; LI, G-L.; CHOW, W-H.; WANG, Y-Z.; JIANG, Z-L.; DAI, T-R.; ZHANG, W-U.; CHAO, X-J.; YE, P-Z.; KOU, Q-R.; FAN, Y-H.; ZHANG, X-C.; LIN, X-F.; MENG, J-F.; ZHO, J-S.; BLOT, W.J.; HAYES, R.B. (1996). Indirect Validation of Benzene Exposure Assessment by Association with Benzene Poisoning. Environmental Health Perspectives, Volume 104, Supplement 6, December
55. DUARTE, K.S. (2003). Avaliação do Risco Relacionado à Contaminação dos Solos por Hidrocarbonetos no Distrito Federal. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-012A/03, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 259 p.
56. FATORELLI, L. (2005) Proposta de Avaliação de Risco Ecológico para Contaminações de Petróleo e Derivados – Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado do Departamento de Engenharia Ambiental, UFSC. 102p.

57. FERREIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.; DUARTE, U. (2004) Comportamento da Gasolina com Etanol (E-20) e da Gasolina Pura após a Simulação de um Vazamento em Colunas de Laboratório. Revista do Instituto de Geociências - USP 91 -Geol. USP Sér. Cient., v. 4, n. 2, p. 91-102, outubro. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/geologiausp/downloads/geoindex640.pdf> Acesso em: 29/07/07
58. FINOTTI, A. R., CORSEUIL H. X. (1997). Uso da Ação Corretiva Baseada no Risco - RBCA – nos Casos de Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas por Gasolina no Brasil. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, set. 1997
59. FORTE, E.J.; AZEVEDO, M.S.; OLIVEIRA, R.C.; ALMEIDA, R. (2007). Contaminação de Aquífero por Hidrocarbonetos: Estudo de Caso na Vila Tupi, Porto Velho – Rondônia. Química Nova vol. 30 nº7
60. FREEMAN, T. (2006). Best practice'in focus group research: making sense of different views. Journal of Advanced Nursing 56(5), 491–497
61. GOLDMAN, L.R.; GOMEZ, M.; GREENFIELD, S.; HALL, L.; HULKA, B.S.; KAYE, W.E.; LYBARGER, J.A.; MCKENZIE, D.H.; MURPHY, R.D.; WELLINGTON, D.G.; WOODRUFF, T. (1992). Use of exposure databases for status and trends analysis. Archives of Environmental Health, nov-dec.
62. GOUVEIA, J.L.M (2004). Atuação de Equipes de Atendimento Emergencial em Vazamentos de Combustíveis em Postos e Sistemas Retalhistas. Dissertação (Mestrado) pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. 214p.
63. HACON, S., BARROCAS, P., SICILIANO, S. (2005) Avaliação de Risco para a Saúde Humana: uma contribuição para a gestão integrada de saúde e ambiente. Cadernos Saúde Coletiva 13 (4): 811-836
64. HARBAUGH, A. W. (2005). MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Flow Process, U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16, EUA.
65. IARC (1999) - International Agency for Research on Cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 29. Some Industrial Chemicals and Dyestuffs. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol29/volume29.pdf> Acesso: 23/10/2007
66. IARC (2000) - International Agency for Research on Cancer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 77. Some Industrial Chemicals: Summary of Data Reported and Evaluation. Disponível em:

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/volume77.pdf> Acesso: 23/10/2007

67. IERVOLINO, S.A.; PELICIONI, M.C.F. (2001) A Utilização do Grupo Focal como Metodologia Qualitativa na Promoção da Saúde. Rev Esc. Enf USP, v. 35, n.2, p.115-21, jun.
68. KAIPPER, B.I.A. (2003). Influência do Etanol na Solubilidade de Hidrocarbonetos Aromáticos em Aquíferos contaminados por Óleo Diesel. Tese de Doutorado em Química Analítica do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,SC, 199p.
69. KIND, L. (2004). Notas para o Trabalho com a Técnica de Grupos Focais. Psicologia em Revista, Belo Horizonte v.10, n. 15, p.124-136, junho.
70. KOLESNIKOVAS, C. (2006). Avaliação de Risco Toxicológico para Hidrocarbonetos Totais de Petróleo em Forma Fracionada Aplicada à Gestão e Monitoramento de Água Subterrânea em um Complexo Industrial. Teses (Doutorado) pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 250p.
71. LAN, Q., ZHANG, L., LI, G., VERMEULEN, R., WEINBERG, R.N., DOSEMECI, M., RAPPAPORT, S.M., SHEN, M., ALTER, B.P., WU, Y., KOPP, W., WAIDYANATHA, S., RABKIN, C., GUO, W., CHANOCK, S., HAYES, R.B., LINET, M., KIM, S., YIN, S., ROTHMAN, N., SMITH, M.T. (2004). Hematotoxicity in Workers Exposed to Low Levels of Benzene. *Science* 3:Vol. 306. no. 5702, pp. 1774 – 1776. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/data/306/5702/1774/DC1/1> Acesso em: 21/10/2008
72. LARANJA, R.E.P; FISHER, M.E.M (2003). Impactos Ambientais em Águas Subterrâneas causados por Efluentes do Autoposto Brazuca Ltda em Sobradinho-DF. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
73. LEIRO, A.C.R. (2004) Educação e mídia esportiva: representações sociais das juventudes. Tese de doutorado da Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia. 290p.
74. LINDSTROM, A.B., HIGHSMITH, V.R., BUCKLEY, T.J., PATE, W.J., MICHAEL, L.C (1994). Gasoline-contaminated Ground Water as a Source of Residential Benzene Exposure: a Case Study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, Vol. 4, nº2
75. LOBDELL, D.T.; GILBOA, S.; MENDOLA, P.; HESSE, B.W.; (2005). Use of focus groups for the environmental health researcher. *J Environ Health*. May;67(9):36-42



76. LÓPEZ, E.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L.. (2008) Human Health Risk of Petroleum Contaminated Groundwater: a case study. *Environmental Science Pollution Research* 15(3)278-288. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/j53k668457754412/fulltext.pdf> Acesso em: 01/05/2009
77. MAGALHÃES, J.S.B (2000). Avaliação da Gestão de Sítios Contaminados por resíduos Perigosos nos EUA, Canadá, Países Europeus e Brasil, Exemplo de um Manual Simplificado de Avaliação de Saúde Ambiental destes sítios para o Brasil. Tese de Mestrado. 95p.
78. MAXIMIANO, A.M.S. (2001). Determinação de níveis aceitáveis no ambiente para hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas no risco (RBCA): aplicação para a cidade de São Paulo. Dissertação (mestrado) do Departamento de Geociências da Universidade de São Paulo. 121p.
79. MICHELS, C., SCHNEIDER, M.R., COELHO, J.I.E., CORSEUIL, H.X. (2004). Avaliação de Risco à Saúde Humana em Terminais de Armazenamento de Petróleo e Derivados: Estudos de Casos. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
80. MICROMEDEX Healthcare Series (\_\_\_) Disponível em: [www.Thomsonhc.com/hcs/librarian/ND\\_T/HCS/ND\\_CPR/SearchByDatabase/ND\\_PR/Toxicology/CS/084E5D/DUPLICATIONSHIELDSYNC/C619E8/ND\\_PG/PRIH/ND\\_B/HCS/SBK/2/ND\\_P/Toxicology/PFPUI/YC1apxO30G9gRh/PFActionId/hcs.common.RetrieveDocumentCommon/DocId/192/ContentSetId/51/SearchTerm/benz%20/SearchOption/BeginWith](http://www.Thomsonhc.com/hcs/librarian/ND_T/HCS/ND_CPR/SearchByDatabase/ND_PR/Toxicology/CS/084E5D/DUPLICATIONSHIELDSYNC/C619E8/ND_PG/PRIH/ND_B/HCS/SBK/2/ND_P/Toxicology/PFPUI/YC1apxO30G9gRh/PFActionId/hcs.common.RetrieveDocumentCommon/DocId/192/ContentSetId/51/SearchTerm/benz%20/SearchOption/BeginWith) Acesso em: 06/05/2009
81. MINDRISZ, A.C (2006). Avaliação da Água Subterrânea de Poços Tubulares, por Combustíveis Fósseis, no Município de Santo André, São Paulo: uma contribuição a gestão ambiental. Tese (doutorado) pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, associado a Universidade de São Paulo. 254p.
82. MORAES, G.N.; RIBEIRO, G.A.T.S. (2004). Saúde e Meio Ambiente: O Caso do Posto Brazuca – Brasília-DF. Monografia apresentada no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Formosa para titulação de Especialista em Gestão Ambiental.
83. PEÑA, C.E.; CARTER, D.E.; AYALA-FIERRO, F. (2001) Toxicologia Ambiental - Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Disponível em: <http://www.superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/toxamb-dl.html> Acesso em:

11/07/2008

84. PETROBRÁS. (2006). Relatório Anual. Disponível em: [http://www2.petrobras.com.br/ri/port/ConhecaPetrobras/RelatorioAnual/pdf/RelatorioAnual\\_2006.pdf](http://www2.petrobras.com.br/ri/port/ConhecaPetrobras/RelatorioAnual/pdf/RelatorioAnual_2006.pdf). Acesso em: 03/04/2008.
85. RABIEE, F. (2004). Focus-group interview and data analysis. *Nutrition Society* 63, 655–660. Disponível em: [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FPNS%2FPNS63\\_04%2FS0029665104000874a.pdf&code=9273b4e74682b0ae90aeca20ceafeb1](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FPNS%2FPNS63_04%2FS0029665104000874a.pdf&code=9273b4e74682b0ae90aeca20ceafeb1) Acesso em: 01/03/2007.
86. REIS, M.M. (2004). Avaliação de risco de benzeno em Volta Redonda: as incertezas na avaliação da exposição. Dissertação de mestrado pela Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. 74 p.
87. RUIZ, M.A.; VASSALO, J.; SOUZA, C.A. (1993). Alterações Hematológicas em Pacientes Expostos Cronicamente ao Benzeno. *Revista de Saúde Pública*, 27(2): 145-51
88. SABIN. (\_\_\_) Sabin Laboratório Clínico. Manual de Exames. 2ª edição. Brasília. 620p.
89. SCHRAIBER, L.B. (1995). Pesquisa qualitativa em saúde: reflexões metodológicas do relato oral e produção de narrativas em estudo sobre a profissão médica. *Rev. Saúde Pública*, 29(1):63-7436.
90. SEMARH (2001). Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal. Processo de Licenciamento Ambiental do Brazuca Auto-Posto Ltda. v.I, II, III, IV,V
91. SILVA, R.L.; BARRA, C.M.; MONTEIRO, T.C. N., BRILHANTE, O.M. (2002) Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, *Rio de Janeiro, Brasil. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro*, 18(6):1599-1607, nov-dez
92. TAKEUCHI, E. (2008) Aplicação da Metodologia RBCA para o Município de Porto Alegre: definição de níveis aceitáveis baseados no risco para hidrocarbonetos. Dissertação (Mestrado) pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 158 p.
93. TIBURTIUS, E.R.L., ZAMORA, P.P., LEAL, E.S. (2004) Contaminação de Águas por BTXS e Processos utilizados na Remediação de Sítios Contaminados. *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 3, 441-446

94. TROVÃO, R.S. (2006). Análise Ambiental de Solos e Águas Subterrâneas contaminadas com gasolina: estudo de caso no Município de Guarulhos. Dissertação (Mestrado) pelo Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 159 p.
95. U.S.EPA. (1989). U.S Environmental Protect Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I, (RAGS) Part A. Disponível em: <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/index.htm>. Acesso em: 26/09/2006.
96. U.S.EPA. (1992). U.S Environmental Protect Agency. Guidelines for Exposure Assessment. Disponível em: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=15263> Acesso em: 26/09/2006.
97. USEPA. (2003) U.S Environmental Protect Agency. Integrated Risk Information System (IRIS) on Benzene. Disponível em: <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0276.htm> Acesso em: 11/11/2008
98. Valentin L.A. (2006) Boas Práticas de Laboratório: Aplicação para Avaliar o Impacto Ambiental Causado pelo Derrame de Derivados de Petróleo. Dissertação de Mestrado do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. 111p.
99. Zheng, C., and Wang, P. P. (1999). MT3DMS: A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user's guide., Contract Report SERDP-99-1, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, USA.

## **ANEXO I**

### **RELATÓRIOS DA BR-DISTRIBUIDORA CONSULTADOS NO ESTUDO**

- Relatório de Remediação Ambiental nº 1 (07/06/02 a 26/06/02)
- Relatório de Remediação Ambiental nº 2 (27/06/02 a 19/07/02)
- Relatório de Remediação Ambiental nº 3 (22/07/02 a 16/08/02)
- Relatório de Remediação Ambiental nº 4 (19/08/02 a 13/09/02)
- Relatório de Remediação Ambiental nº 5 (16/09/02 a 11/10/02)
- Relatório de Remediação Ambiental nº 7 (11/11/02 a 06/12/02)
- Relatório de Diagnóstico Ambiental DRAFT - REV 01 (26/05 e 07/06/2002)
- Relatório de Diagnóstico Ambiental e Análise de Risco RBCA - Tier 2 - DRAFT - REV 02 (20/09/2002)
- Relatório de Avaliação de Risco associada a Vegetais (agosto/2003)

## ANEXO II

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), do projeto de mestrado “Avaliação de Risco a Saúde Humana por Exposição Ambiental a Hidrocarbonetos Aromáticos Monocíclicos – Estudo de Caso”, que será realizado pela Universidade de Brasília. Sua participação no projeto é opcional, e a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Suas informações pessoais serão mantidas em sigilo absoluto, portando não serão mencionadas quando da divulgação pública desse.

Para esclarecimentos de eventuais dúvidas sobre o projeto ou de sua participação, poderá entrar em contato com Miriam dos Anjos Santos, pesquisadora responsável, ou com sua orientadora, profa. Dra. Eloísa Dutra Caldas no Campus Universitário Darcy Ribeiro/Faculdade de Ciências da Saúde/Laboratório de Toxicologia, Sala BS 312 e 314 – Brasília/DF. Telefone: (61) 9983.1536 / (61)3307.3671.

Esse projeto vai analisar o risco à saúde humana atribuído à exposição aos componentes da gasolina (**B**enzeno, **T**olueno, **E**til-benzeno e **X**ileno) decorrente do acidente ambiental com vazamento de combustível no Posto revendedor Brazuca, em 2002. Na quantificação do risco as concentrações de BTEX do Relatório Técnico da BR-Distribuidora, serão aplicadas à metodologia de Avaliação de Risco da ATSDR, adaptada e recomendada pelo Ministério da Saúde. Uma das etapas dessa metodologia consiste na identificação da população exposta e suas preocupações em relação à contaminação. Os resultados obtidos serão confrontados com as metodologias de avaliação de risco conduzidas pela BR-Distribuidora. Os resultados deste estudo promoverão subsídio para a tomada de decisão em cenários semelhantes.

Para a execução desse projeto será necessária a sua participação respondendo o “Questionário para Levantamento de Informações” com 20 (vinte) perguntas objetivas que tem por finalidade obter dados ambientais e socioeconômicos dos residentes expostos e do local de moradia, bem como a participação na reunião de Grupo Focal e no fornecimento de seus exames laboratoriais realizados no período pós-exposição. Essa reunião consiste de um “bate-papo” estruturado em tópicos de interesse relacionado à contaminação e as opiniões dos participantes serão registradas pela pesquisadora por uso de um gravador, as falas transcritas sem edição e analisadas visando identificar tendências e padrões na percepção de risco. Os exames laboratoriais, após consolidação, serão devolvidos aos participantes e servirão para identificar possíveis alterações.

Não haverá qualquer forma de remuneração aos participantes.

Eu, \_\_\_\_\_, fui plenamente esclarecido sobre esse projeto de mestrado e aceito livremente dele participar.

Brasília, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## ANEXO III

### QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Prezado(a) Senhor(a), este **Questionário** tem por objetivo fornecer dados para subsidiar o Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição Ambiental a derivados de combustível decorrente do acidente no Auto Posto Brazuca. As respostas aos itens deste questionário se referem à época do acidente (2002) e o momento atual. Deste modo, contamos com sua colaboração.

#### A. INFORMAÇÕES SOBRE A MORADIA

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1. Endereço:.....
2. Distância aproximada do Posto Brazuca:.....metros
3. Tempo de moradia nesse endereço:.....anos.  
Morou em outra residência nesse mesmo condomínio? ( ) não ( ) sim, por quanto tempo?.....anos
4. Nº residências no lote..... Nº famílias/residência..... Nº pessoas/residência.....  
Faixa etária dos familiares quando do acidente (informe o nº de pessoas conforme a faixa de idade)  
( ) < 1 ano ( ) 1 a 4 anos ( ) 5 a 9 anos ( ) 10 a 14 anos ( ) 15 a 19 anos ( ) 20 a 30 anos  
( ) 31 a 40 anos ( ) 41 a 50 anos ( ) 51 a 60 anos ( ) > 61 anos
5. Situação da moradia ( ) Própria ( ) Alugada ( ) Outro, especificar.....
6. Tipo de construção: ( ) alvenaria ( ) madeira ( ) madeirite ( ) adobe ( ) outro
7. Nº de cômodos: ( )
8. Abastecimento de água ( marque com "x" as fontes de água conforme o uso):

	Rede Pública	Poço/cacimba	Outros, especificar.....
Beber			
Cozinhar			
Tomar banho			
Limpeza em geral			
Irrigar plantas			

9. Esgotamento sanitário: ( ) rede pública ( ) fossa ( ) outro
10. Coleta de lixo/ destino: ( ) sistema público ( ) outro, especificar.....
11. Criação de animais? ( ) não ( ) sim, qual?.....  
Alguns desses animais era para consumo? ( ) não ( ) sim Qual?.....  
Quantas vezes na semana eram consumidos?( ) uma vez ( ) duas vezes ( ) três vezes ( ) mais vezes  
Havia consumo de ovos da criação? ( ) não ( ) sim, Qual?.....  
Quantas vezes na semana eram consumidos?( ) uma vez ( ) duas vezes ( ) três vezes ( ) mais vezes  
Os animais ou seus produtos (ovos) eram comercializados ( ), distribuídos à parentes/amigos ( ), para consumo da família ( )?
11. Plantação de culturas? ( ) não ( ) sim  
( ) Hortaliças, qual?.....  
Quantas vezes na semana eram consumidos?( ) uma vez ( ) duas vezes ( ) três vezes ( ) mais vezes  
( ) Legumes, qual?.....  
Quantas vezes na semana eram consumidos?( ) uma vez ( ) duas vezes ( ) três vezes ( ) mais vezes  
( ) Árvores frutíferas: ( ) não ( ) sim, qual?.....  
As hortaliças, legumes e frutas eram comercializados ( ), distribuídos à parentes/amigos ( ), para consumo da família ( )?

#### B – INFORMAÇÕES PESSOAIS

1. Sexo: ( ) Masc. ( ) Fem
2. Data do Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ (mês/ano)
3. Estado civil: ( ) solteiro ( ) casado ( ) separado ( ) viúvo ( ) outro
4. Escolaridade (identificar conforme código abaixo): ( )  
(a) Analfabeto (b) Fundamental incompleto (c) Fundamental Completo (d) Médio Incompleto  
(e) Médio Completo (f) Superior Incompleto (g) Superior Completo (h) Pós-graduação
5. Posição Familiar (identificar conforme código abaixo) ( )  
(a) Chefe da Unidade domiciliar (b) Esposo(a) (c) Filho(a) (d) Parente (e) Agregado (g) Empregado(a)  
(h) Outro.....
6. Tem Plano de Saúde Privado? ( ) Não ( ) Sim
7. Situação trabalhista quando residia no condomínio. (identificar conforme código abaixo): ( )  
(a) Autônomo/conta própria (b) Servidor Público (c) Trabalho Temporário (d) Trabalho doméstico (e) Aposentado  
(f) Desempregado (g) outra, especificar.....
8. Situação trabalhista atual. (utilize os mesmos códigos da pergunta anterior): ( )
9. Renda familiar (assinale com "x" a faixa salarial, calculada sobre o salário mínimo (R\$350,00))  
( ) até 1 salário mínimo ( ) 1 a 2 salários mínimos ( ) 3 a 5 salários mínimos ( ) 6 a 10 salários mínimos  
( ) 11 a 15 salários mínimos ( ) 16 a 20 salários mínimos ( ) mais 20 salários mínimos

## ANEXO IV

### FICHA DE ANAMNESE APLICADA A POPULAÇÃO EXPOSTA, RESIDENTE NA CHÁCARA 6.

#### FICHA PARA ANAMNESE

1. Identificação: (nome, sexo, idade, estado civil, profissão anterior e atual, naturalidade, residência anterior e atual)
2. Queixas:
3. História de doenças/queixas atuais/descrição do evento
4. História patológica pregressa: (doenças da infância, internações, cirurgias, uso de drogas, fenômenos alérgicos, patologias prévias, etc)
5. História fisiológica: (nascimento, desenvolvimento, menarca, ciclos menstruais, gestações, última menstruação, menopausa, etc)
6. História familiar: (doença semelhantes, diabetes, HAS, tuberculose, neoplasias, doenças hematológicas, neurológicas, mentais, etc)
7. História social: (habitação, alimentação, hábitos de higiene, fumo, álcool, drogas, escolaridade, hábitos de lazer, etc)
8. História ocupacional: (função atual e pregressa, descrição, tempo, acidente de trabalho/doença ocupacional, etc)
9. Revisão sistemática:
  - geral (emagrecimento, astenia, ganho ou perda de peso, febre, sudorese, insônia, convulsão, tonteira, vertigens, desmaios, etc);
  - cabeça e pescoço (cefaléia, alopecia, tumorações, diplopia, acuidade visual, escotomas, audição, otalgia, epistaxe, corrimento nasal, rinites, amigdalites, lacrimajamentos, sangramento gengival, rouquidão, etc)
  - tórax (tosse, expectoração, hemoptise, dor, frequência de resfriados, dispnéia, ortopnéia, precordialgia, palpitação, disfagia, odinofagia, pirose retroesternal, tolerância aos exercícios, etc)
  - abdômen (dor, náuseas, vômitos, plenitude, pós-prandial, hematêmese, melena, diarreia, constipação, enterorragia, tipo das fezes, verminoses, icterícia, disúria, nictúria, hematuria, polaciúria, perda da força do jato, oligúria, metrorragia, dismenorreia, corrimento, lombalgia, etc)
  - membros (parestesias, tremores, fraqueza, astralgia, claudicação intermitente, varizes, fenômeno de Raynaud, etc)
  - pele (manchas, nódulos, prurido, urticária, feridas, alterações de coloração, etc)
  - psiquiátrico (labilidade emocional, angustia, depressão, manias, alucinações, relacionamento, etc)
10. Exame físico
  - Sinais vitais (pressão arterial, FC, FR, TAX, Peso, Altura)
  - Ectoscopia (aspecto geral, fácies, consciência, orientação, atitude, etc)
  - Cabelo e pescoço
  - Tórax
  - Abdome
  - Membros
  - Pele e anexos
  - oto/oftalmo
  - neurológico
11. Impressão
12. Observações
13. Exames complementares (hemograma completo com contagem de plaquetas e reticulócitos, coagulograma, TGO, TGP, fosfatase alcalina, Bb total e frações, GGT, glicemia, lipidograma, proteínas totais e frações, uréia, creatinina, EAS, RX de tórax, ácido trans-transmucônico, ácido hipúrico, ácido metil hipúrico, ácido mandélico. (solicitar exames anteriores)

## ANEXO V

### MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO DE ÁREA POTENCIALMENTE CONTAMINADA

PARÂMETROS	Sub-parâmetros			INTERVALO DE PONTUAÇÃO	PONTUAÇÃO ADQUIRIDA	
1 Categorização da Área	População no entorno	Distância da população em relação à área contaminada (m)	0	15		
			01 - 100	10 - 14	14	
			101 - 300	05 - 09		
			301 - 400	04		
			401 - 1.000	01 - 03		
			> 1.000	0		
	Dados de saúde	Existe investigação	Comprova a exposição		05	
			Inconclusiva		03	03
			Conclui pela não exposição		0	
		Ausência de investigação		0		
	Caracterização ambiental	Existe investigação	Contaminantes de interesse definidos	Mais de um compartimento	05	05
				Um compartimento	04	
			Sem definição dos contaminantes de interesse definidos	Qualquer compartimento	01 - 03	
		Não existe investigação		0		
	Sub Total do Parâmetro					22
2 Caracterização da População	Sub-parâmetros			INTERVALOS DE PONTUAÇÃO	PONTUAÇÃO ADQUIRIDA	
		População estimada sob risco de exposição	População (número de pessoas)	Mais de 5.000	15	
				1.001 - 5.000	10 - 14	
				51 - 1.000	05 - 09	
	Até 50			01 - 04	02	
	Áreas de alto Risco	Hospital		01	0	
		Creche		01	0	
		Pré-escola		01	0	
		Escola		01	0	
		Asilo de Idosos		01	0	
		Outras		01	0	
	Nível Sócio-econômico	Renda		Baixa	03	
				Média	01	01
				Alta	01	
	Sub Total do Parâmetro					03



	<b>Sub-parâmetros</b>		<i>INTERVALOS DE PONTUAÇÃO</i>	<i>PONTUAÇÃO ADQUIRIDA</i>
<b>3</b> <i>Avaliação Toxicológica</i>	<i>Toxicidade</i>	Substância carcinogênica humana; ou com efeitos agudos e/ou crônicos à saúde conhecidos; ou com dose de exposição estimada superior a RfD (EPA); ou com dose de exposição estimada superior ao MRL (ATSDR); ou com dose de exposição estimada que supere a dose máxima de ingestão sugerida por alguns organismos da (OMS).	20	20
		Substância provavelmente carcinogênica ou possível carcinogênica; ou suspeita de efeitos agudos e/ou crônicos à saúde; ou com dose de exposição estimada abaixo da RfD (EPA); ou com dose de exposição estimada abaixo do MRL (ATSDR); ou com dose de exposição estimada abaixo da dose máxima de ingestão sugerida por alguns organismos da OMS.	15	-
	<i>Persistência ambiental das substâncias</i>	<i>Alta</i>	05	
		<i>Média</i>	03	03
		<i>Baixa</i>	01	
		<i>Inexistente</i>	0	
<i>Sub Total do Parâmetro</i>				23
<b>4</b> <i>Medidas de Contenção e Controle</i>			<i>INTERVALO DE PONTUAÇÃO</i>	<i>PONTUAÇÃO ADQUIRIDA</i>
	<i>Sem medidas de contenção e/ou controle</i>		15	
	<i>Controle inadequado e/ou ineficiente</i>		10 – 14	14
	<i>Controle adequado e/ou eficiente</i>		06 - 09	
	<i>Sem informação</i>		05	
	<i>Controle Total</i>		0	
<i>Sub Total do Parâmetro</i>				14
<b>5</b> <i>Acessibilidade ao local</i>			<i>INTERVALO DE PONTUAÇÃO</i>	<i>PONTUAÇÃO ADQUIRIDA</i>
	<i>Contínua</i>	<i>Mais de 50 pessoas</i>	10	10
		<i>Menos de 50 pessoas</i>	06	
	<i>Ocasional</i>	<i>Mais de 50 pessoas</i>	04	
		<i>Menos de 50 pessoas</i>	02	
	<i>Inexistente</i>		0	
<i>Sub total do Parâmetro</i>				10

		<i>PONTUAÇÃO ADQUIRIDA</i>
<i>PARÂMETROS</i>	<i>1. Categorização da Área</i>	<i>22</i>
	<i>2. Caracterização da População</i>	<i>03</i>
	<i>3. Avaliação Toxicológica</i>	<i>23</i>
	<i>4. Medidas de Contenção e Controle</i>	<i>14</i>
	<i>5. Acessibilidade da População ao Local</i>	<i>10</i>
<i>TOTAL GERAL</i>		<i>72</i>
<i>NÍVEL DE PRIORIDADE</i>		<i>ALTO RISCO</i>