

**AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR  
RESÍDUOS DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS  
EM CIDADE DOS MENINOS, DUQUE DE CAXIAS, RJ**

**2002**

**R E S U M O**

## **PARTICIPANTES DOS ESTUDOS DE AVALIAÇÃO**

### **Coordenação dos Estudos:**

Alexandre Pessoa da Silva. Diretor Técnico da AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA. Mestre em Química pela Bergakademie Freiberg. Doutor em Ciências (Instituto de Geociências – USP).

### **Equipe de Especialistas:**

Maria Izabel de Freitas Filhote. Pesquisadora do NESC/UFRJ. Enfermeira. Mestre em Enfermagem pela UFRJ.

Carmen Asmus. Professora Adjunta da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Endocrinologia (FM/UFRJ) e Doutora em Engenharia da Produção (COPPE/UFRJ).

Marisa Palácios. Professora Adjunta da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Medicina Social (IMS/UERJ) e Doutora em Engenharia da Produção (COPPE/UFRJ).

Volney de M. Câmara. Professor Titular da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Medicina Ocupacional (Universidade de Londres) e Doutor em Saúde Pública (FIOCRUZ).

### **Equipe de Amostragem**

- **Solos:**

Equipe de Técnicos do CETEM (Centro de Tecnologia Mineral/MCT):

Severino Ramos Marques de Lima - Técnico em Mineração

Gilvan Vanderlei Alves - Técnico em Mineração

- **Alimentos:**

Agentes de Saúde do Programa de Saúde Familiar – PSF da Cidade dos Meninos:

Daniel Eduardo dos Santos

Ana Paula de Oliveira Santos

Marluce Cardoso Lamin

Maria Godiva Silva de Lima

### **Formatação gráfica e registro eletrônico**

Fernando Tufik Naseri da Silva

André Naseri da Silva

### **Pessoal de apoio:**

Marinete Prado da Silva

Geraldo de Oliveira Filho

Diego L. Maioli.

## A METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCO DA ATSDR

A Agência de Registro de Substância Tóxicas e de Doenças (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR*) foi criada através de legislação nos Estados Unidos da América - EUA (Acta de 1986 de Re-autorização e Emendas ao “Superfundo” da Acta integral de 1980 para Resposta Ambiental, Compensação e Contingências - CERCLA) com a missão de desenvolver atividades de Saúde Pública especificamente associadas com a exposição, real ou potencial, a agentes perigosos emitidos ao ambiente. Nos EUA, esta metodologia fornece subsídios para a composição de uma lista nacional de locais contaminados ou de risco prioritários. A partir destas avaliações a agência também procede notificação para a Agência de Proteção Ambiental - USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) de que existe alguma ameaça para a saúde pública nos locais sob risco, de tal forma que a mesma possa desenvolver alguma intervenção para mitigação ou prevenção da exposição e dos efeitos à saúde humana.

Considera-se objeto de avaliação para esta metodologia os elementos, compostos ou combinações químicas que, por sua quantidade, concentração, características físicas ou características toxicológicas, possam representar um perigo imediato ou potencial para a saúde humana ou para o ambiente, quando são inadequadamente usadas, tratadas, armazenadas, transportadas ou eliminadas. Os principais exemplos para utilização no Brasil incluem, notadamente, resíduos de processos produtivos e depósitos de lixo urbano.

As etapas para o desenvolvimento da metodologia são:

**a) Avaliação da Informação do Local** - Descrição do local, aspectos históricos, avaliação preliminar das preocupações da comunidade, dados registrados sobre efeitos adversos à saúde, informação demográfica, usos do solo e outros recursos naturais, informações preliminares sobre contaminação ambiental e rotas ambientais (água subterrânea ou profunda, água superficial, solo e sedimento, ar e biota).

**b) Resposta às Preocupações da Comunidade** - Compreende a identificação dos membros da comunidade envolvidos, desenvolvimento de estratégias para envolver a comunidade no processo de avaliação, manutenção da comunicação com a comunidade através de todo o processo de solicitação e resposta dos comentários da comunidade sobre os resultados da avaliação.

**c) Seleção dos Poluentes de Interesse** – Inclui a determinação dos poluentes no local e fora deste, a concentração dos poluentes nos meios ambientais, os níveis de concentração basais, a qualidade dos dados tanto do processo de amostragem quanto das técnicas de análise, o cálculo de valores de comparação (Guia de Avaliação dos Meios Ambientais - EMEG), o inventário das emissões dos compostos tóxicos, a busca de informação toxicológica sobre os poluentes e a determinação dos poluentes de interesse.

**d) Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição** – A partir da identificação da fonte de emissão dos contaminantes de interesse, são realizadas identificações dos meios ambientais contaminados, dos mecanismos de transporte, dos pontos de exposição humana, das vias de exposição e das populações receptoras. Estas informações permitem avaliar se as rotas são potenciais ou completas.

**e) Determinação de Implicações para a Saúde Pública** – Nesta etapa do processo é realizada a avaliação toxicológica (estimação da exposição, comparação das estimações com normas de saúde, determinação dos efeitos à saúde relacionados à exposição, avaliação de fatores que influem nos efeitos adversos para a saúde e determinações das implicações para a saúde por perigos físicos), e dos dados sobre efeitos à saúde (usos e critérios para avaliar estes dados e discussão desta informação em resposta às preocupações da comunidade).

**f) Determinação de Conclusões e Recomendações** – A determinação de Conclusões inclui a seleção de categorias de perigos, conclusões sobre informação consideradas insuficientes, conclusões sobre preocupações da comunidade sobre sua saúde e por fim, as conclusões sobre rotas de exposição. Na determinação de recomendações tem-se como objetivo proteger a saúde dos membros da comunidade, além de e recomendar ações de saúde pública.

O texto a seguir representa o resumo do relatório final do estudo “Avaliação de risco à saúde humana por resíduos de pesticida em Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, 2002”, realizado pela equipe de especialistas da Ambios Engenharia e Processos Ltda, contratada pela Organização Pan-Americana de Saúde para atender solicitação do Departamento de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Políticas de Saúde do Ministério da Saúde – DECIT/SPS/MS.

# RESUMO DO RELATÓRIO

## I. INTRODUÇÃO

A aplicação da Metodologia de Avaliação de Risco da ATSDR compreende várias etapas como o levantamento do histórico do local de risco, percepção sobre a preocupação da população com sua saúde, caracterização do processo de contaminação ambiental, definição de rotas de exposição e das implicações de saúde decorrentes. O processo completo permite:

1. classificar o nível de perigo do local para a saúde pública;
2. elaborar conclusões e recomendações para a saúde pública;
3. elaborar recomendações para estudos ambientais futuros (se necessários); e
4. identificar as ações necessárias para mitigar ou prevenir efeitos adversos na saúde.

## II. ANTECEDENTES DO LOCAL

O município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, onde se situa a Cidade dos Meninos, faz parte da região chamada de Baixada Fluminense, que se caracteriza pela grande concentração de pobreza e de carência de infra-estrutura urbana.

O município de Duque de Caxias apresenta uma série de problemas ambientais classificados pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA, 1990/1991 (Teixeira et. al, 1998), como críticos: deficiência de infra-estrutura sanitária, condições precárias de vida, favelização, degradação de áreas de preservação ambiental, áreas com deficiente cobertura arbórea ocasionando assoreamento de corpos de água, poluição do ar, solos e águas superficiais e subterrâneas, depósitos de resíduos sólidos irregulares, aterramento de corpos de água, vazamento e lançamento de óleo, etc.

A Cidade dos Meninos foi criada em 1946 como parte do Centro de Promoção Social Fundação Abrigo Cristo Redentor que servia como albergue para menores carentes.

Embora a área da Cidade dos Meninos seja classificada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE como “urbana”, na realidade possui características de zona “rural”, uma vez que existe uma deficiência de serviços urbanos, possuindo grandes propriedades agricultáveis com cana de açúcar, mandioca, leguminosas e atividades pecuárias como suinocultura, pecuária de corte e leite.

Em 1947, então Ministério da Educação e Saúde, solicitou a cessão temporária de oito pavilhões para a instalação do Instituto Malariologia, com a finalidade de criar estruturas de apoio aos programas de combate às endemias rurais como a doença de Chagas, a malária e a febre amarela (Oliveira, 1994). Em 1950 decidiu-se instalar uma fábrica de produção de hexaclorociclohexano - para fornecer o insumo às campanhas de saúde pública no controle das doenças acima relacionadas. Nessa estrutura também foram formulados e armazenados outros pesticidas, como o dicloro-bis-(clorofenil)-etano – DDT usado no controle da malária.

Em 1955, em decorrência da elevação dos custos econômicos de fabricação do HCH, inicia-se processo de manipulação de outros compostos, como o DDT e sal de penetaclorofenol. A desativação progressiva da fábrica é iniciada em 1961, culminando com o encerramento definitivo de suas atividades em 1965, sendo a produção remanescente abandonada nas dependências da unidade.

Em 1989, após divulgação pela mídia da comercialização clandestina de pesticidas nas feiras livres de Duque de Caxias, foi constatada, nas dependências da antiga fábrica, a existência de um depósito abandonado, contendo quantidade avaliada em trezentos e cinqüenta (350) toneladas de HCH técnico, bem como de outros produtos utilizados em seu processamento. Os resíduos foram encontrados espalhados em contato direto com o solo em uma área descampada de aproximadamente treze mil metros quadrados (13.000m<sup>2</sup>). Esta área foi posteriormente cercada e colocado placas de identificação no local, constituindo o que se denominou “foco principal”.

Volumes desconhecidos foram também retirados deste foco principal e levados para locais, não plenamente identificados até o momento, durante o período de comercialização ilegal do produto. Além disto, os resíduos teriam sido utilizados, em proporções ignoradas, para capeamento do leito da Estrada da Camboaba, que constitui a principal via de acesso à Cidade dos Meninos. Os resíduos também foram usados como pesticidas nas residências de alguns moradores.

Em 1995 a empresa Nortox realizou uma tentativa de remediação utilizando óxido de cálcio (cal), que foi misturado aos resíduos e incorporado por processo mecânico ao solo. Esta iniciativa resultou na formação de novos compostos decorrentes da mistura água-solo-cal-resíduos, alguns com maior toxicidade.

Durante o *I Workshop de Avaliação e Remediação de Contaminação Ambiental com Efeito na Saúde Humana*, realizado em Brasília no ano de 2000 e organizado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde, contando com a presença de especialistas nacionais e internacionais, foi sugerida a elaboração de um estudo de Avaliação de Risco. Para tanto, foi indicada a metodologia desenvolvida pela Agência de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR) dos Estados Unidos da América (EUA).

### III. VISITA A ÁREA

Foram realizadas diversas visitas à área, tendo em vista a complexidade da questão e pela reserva da população que, após os diversos estudos já realizados na área, embora cordial diante da proposta de trabalho, por diversas vezes se mostrou refratária no que dizia respeito ao quesito informação acerca de potenciais efeitos à saúde.

#### 1. Observações gerais

O acesso à Cidade dos Meninos é possível por meio de uma guarita principal, localizada às margens da rodovia Presidente Kennedy. Neste local, localiza-se um dos focos secundários de contaminação detectado pela Cetesb (Cetesb, 2002).

Apenas uma linha de ônibus realiza o itinerário “Cidade dos Meninos/Duque de Caxias – Centro”, e na guarita principal localiza-se um dos pontos de ônibus de Cidade dos Meninos, onde os moradores aguardam por longos períodos a passagem do mesmo.

A principal estrada de acesso à Cidade dos Meninos, estrada da Camboaba, estão localizados focos secundários de contaminação, oriundos da utilização indevida de resíduos de pesticidas organoclorados para capeamento da estrada. Sendo este o principal acesso, os moradores ficam diariamente expostos aos focos de contaminação.

A rede elétrica da Cidade dos Meninos é antiga, remontando ao início das atividades da Fundação Abrigo Cristo Redentor, não existindo iluminação pública na Estrada da Camboaba e outras vias vicinais. O sistema elétrico tem acesso pela Estrada Marques de Barbacena, e a partir de outubro de 2001, iniciou-se a instalação de novos postes e ampliação da rede. As residências localizadas nas regiões mais afastadas não são servidas pela rede elétrica.

O abastecimento público de água é feito pela Companhia Estadual de Água e Esgoto – CEDAE (Companhia Estadual de Água e Esgoto), sendo que, em alguns pontos na Vila Malária, o encanamento está aparente. Durante o levantamento feito pelo DECIT/MS no final de 2001, foram detectados trinta e um (31) poços de captação de água.

A localidade de Cidade dos Meninos não é servida por serviço de limpeza pública, sendo comum o hábito dos moradores queimar o lixo doméstico nas áreas próximas às residenciais

Observou-se que mais de uma família ocupa uma mesma casa, com separação dos ambientes por meio de divisórias improvisadas. As residências construídas posteriormente, não possuem forros, tornando os ambientes internos muito quentes. As cercas entre os terrenos são de arame ou de madeira, sendo que poucas, possuem muros de alvenaria. As residências originais possuíam pisos de madeira, embora tenham sido modificados pelos moradores. A ausência de forro em algumas residências favorece um acúmulo maior de

poeira, o que, em decorrência da contaminação pelos resíduos na localidade, pode se constituir numa importante fonte de exposição.

Notou-se a existência de gado pastando em vários terrenos da Cidade dos Meninos e que, em várias ocasiões, estes transitavam pela estrada principal. Em várias casas, é comum a criação de aves, tais como, galinhas, patos, gansos, entre outras, como também plantações de leguminosas, para consumo próprio e áreas agricultáveis maiores de cana-de-açúcar, mandioca.

O produto dessas criações de animais, seja carne, leite ou ovos, tem como destino final a subsistência e, principalmente, o comércio (interno e externo). Foi possível identificar, no período do corte da cana, caminhões parados em locais onde homens faziam corte e abastecimento das carrocerias.

## **2. Atividades diversas registradas na Cidade dos Meninos**

Foram constatadas várias atividades, não legalizadas e sem controle dos órgãos públicos, tais como:

**Lixão:** Na localidade denominada lixão, localizado em uma área descampada, cercada e fechada com uma porteira, são despejados restos de alimentos provenientes principalmente de feiras e mercados da área externa à Cidade dos Meninos.

**Carvoaria:** Na localidade denominada Olaria existe a produção de carvão vegetal, que é realizada pôr um pequeno número de famílias. A madeira utilizada nesse processo vem atualmente de fora da Cidade dos Meninos. Neste local, os moradores criam animais como gado, cabras, porcos e aves destinados ao consumo próprio e venda do excedente.

**Campos de futebol:** Em diversos pontos da Cidade dos Meninos existem campos de futebol usados, principalmente nos finais de semana, como áreas de recreação e lazer pelos moradores.

**Alambique:** nas proximidades das instalações da Administração da Cidade dos Meninos existe um alambique em funcionamento, sendo a produção destinada ao comércio interno e externo.

**Fábrica de Brinquedos:** Localizada nas proximidades da Igreja Católica, onde antigamente funcionava a marcenaria da Fundação.

**Pocilga:** O acesso ao local é realizado pela Estrada Marquês de Barbacena. Como em outras situações, a exploração da produção local de carne suína se destina ao consumo interno e externo. O acesso a esses locais é restringido pelos atuais ocupantes.

**Atividades agrícolas e pecuárias:** Durante o período de funcionamento da Fundação Abrigo Cristo Redentor, grande parte dos alimentos consumidos na Fundação eram produzidos em Cidade dos Meninos. A produção se baseava na exploração agrícola e

pecuária. Estas atividades eram desenvolvidas por antigos arrendatários que, com o encerramento das atividades de albergue da Fundação, passaram a comercializar a produção. Estas áreas produtivas estão situadas em praticamente toda Cidade dos Meninos.

### **Outras atividades também identificadas no local:**

**Posto de Saúde:** Nas proximidades da Administração está situado o Posto de Saúde da Cidade dos Meninos. A equipe do Programa de Saúde da Família (PSF) está lotada nas dependências do posto. O local é bastante freqüentado pela população já que, além do Posto de Saúde, aí está localizado o ponto final da linha de ônibus que serve a Cidade dos Meninos.

**Igreja Católica:** A Igreja Católica fica situada no final da Estrada da Camboaba. No momento encontra-se interditada pela Defesa Civil, por ameaça de desabamento.

## **3. Levantamento de dados junto à população**

Através de instrumentos de coleta de dados, foram entrevistadas 115 das 320 famílias residentes na Cidade dos Meninos. A análise dos resultados forneceu as seguintes informações:

### **3.1. Quanto às condições de moradia nas residências inquiridas**

- Cento e oito(108) famílias informaram usar a água da CEDAE e apenas quatro (4) casas informaram o uso de outras fontes.
- Oito (8) famílias informaram usar água de poço para beber, cozinhar e banhar-se.
- A pavimentação do terreno da casa foi referida como mista em setenta e oito (78) casas, de terra em vinte e seis (26) casas, de grama em cinco (5) casas e de cimento em três (3) casas.
- Perguntados se ocorre alagamento da rua quando chove, quarenta e cinco (45) informaram que sim.
- A maior parte da população da Cidade dos Meninos vive em casas de alvenaria com reboco por fora e por dentro (83 ou 72,2%), 20% possuem reboco só por dentro, 1,7% só têm reboco por fora e 6,1% não possuem reboco.
- 8% das casas possuem de um a dois cômodos, 30,1% possuem de 3 a 4 cômodos, 46,9% possuem 5 a 6 cômodos, 15,1% possuem de 7 a 11 cômodos.
- 27% das casas são alugadas, 33,9% possuem a posse da casa, 2,6% são invasões; 25,2% são cedidas, 9,6% alegaram outro tipo de vínculo com a CM.
- 73% das casas possuem fossa séptica, 19,1% lançam seus dejetos diretamente em valas.
- 66,7% das casas estão em ruas com esgotos correndo em valas a céu aberto.

### 3.2. Quanto à produção e consumo de alimentos

- Sessenta e sete (67) das residências possuem plantações segundo informaram os chefes de família. Os produtos cultivados são: mandioca (6), cana de açúcar (11), verduras (3), legumes (0), grãos (3).
- Em vinte e cinco (25) residências planta-se mais de uma cultura.
- Em vinte e seis (26) casas a dona de casa informou consumir verduras adquiridas na Cidade dos Meninos e em setenta e cinco (75) consomem verduras originárias de outras áreas Noventa e oito (98) casas possuem árvores frutíferas em seu terreno.
- Trinta e nove (39) casas informaram criar animais em seu terreno.
- Trinta e três (33) residentes informaram que consomem os animais ou seus derivados em casa.

## IV. PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO COM SUA SAÚDE

A focalização somente no HCH e seus isômeros da maioria dos estudos anteriormente realizados na área, está refletido nos comentários da população sobre o “pó de broca” (denominação vulgar do  $\gamma$ -HCH).

Nas 115 casas visitadas foram entrevistadas duzentas e oitenta e uma (281) pessoas entre crianças e adultos. Perguntados se tinham problemas de saúde, 21% informaram que sim e 77,8% informaram que não. Quando indagados sobre quais os problemas de saúde que tiveram nos últimos 6 meses, foram apontados sinais, sintomas e doenças já diagnosticadas. A tabela a seguir apresenta a relação das queixas referidas.

Frequência de respostas sobre o que a população acha que o HCH pode causar, Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, RJ, 2001.

Queixas	N	%	Queixas	N	%
Dor de cabeça	59	21.0	Dor na Barriga	7	2,2
Dor nas juntas	16	5.7	Tonteira	55	19,6
Dor no corpo	13	4.6	Dormência	12	4.3
Esquecimento	13	4.6	Dificuldade para andar	4	1.4
Falta de apetite	13	4.6	Câimbras	7	2.5
Emagrecimento progressivo	7	2.5	Dificuldade de concentração	5	1,8
Tosse	36	12.8	Formigamento	5	1,8
Falta de ar	65	23.1	Aperto/dor no peito	11	3,9
Vermelhidão nos olhos	15	5.3	Tremores	6	2,1
Insônia	18	6.4	Depressão	3	1,1
Enjôo	16	5.7	Coceira	56	19,9
Nervosismo	48	17.1	Deficiência Mental ou física	6	2,1
Rinite	18	6.4	Não apresentou problemas	110	39,1
Aborto	38	13.5	Cansaço constante	17	6.0

**Fonte:** Ambios (2002)

É interessante notar que a população, provavelmente em função de todos os estudos já realizados na área, identifique causas comuns de intoxicações. Entretanto, mais uma vez, a população insiste em negar qualquer relação de queixas de saúde com a presença do HCH.

A população da Cidade dos Meninos, apesar dos esclarecimentos havidos, transmite sentimentos mistos de descrença, insegurança, medo ou negação em relação aos problemas decorrentes da presença dos resíduos.

Somente mais recentemente, após a consolidação dos resultados parciais dos estudos sistematizados de avaliação de risco à saúde humana, começou-se a perceber a extensão e profundidade da contaminação dos diversos compartimentos ambientais e os riscos à sua saúde.

Nos contatos com os membros de nossa equipe de pesquisa, e através dos esclarecimentos que receberam, intensificaram-se as preocupações com as implicações de saúde decorrentes dos resíduos. Nesses contatos começamos a ser questionados com maior insistência sobre a contaminação dos alimentos, da água, dos solos e as conseqüências desta contaminação sobre a saúde dos residentes da Cidade dos Meninos. As questões passaram a ser específicas sobre a possibilidade de se contrair câncer, de causar abortos, sobre a irritabilidade das crianças, entre outras questões que lhes afligem.

No entanto, para a maioria, a maior preocupação continua sendo o medo da sua remoção da Cidade dos Meninos. *Para onde iremos? Porque só agora vocês vão mexer com a gente? O governo nos dará nova moradia? Onde? Serão piores que as nossas atuais?*

Esta insegurança e o medo da remoção, dificultaram os estudos sobre as preocupações da população com sua saúde. Em muitas ocasiões registramos informações contraditórias, com a clara intenção de minimizar os problemas, com medo da possível remoção. Assim, como exemplo, muitos dos criadores de galinhas afirmavam não consumir ou comercializar os ovos.

## V. SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

Seguindo as orientações da metodologia de avaliação de risco proposta pela ATSDR (1992), a escolha dos contaminantes de interesse foi baseada nos seguintes critérios:

- Ter sido originalmente produzido, manipulado ou formulado no local da antiga fábrica de HCH;
- Ser um importante e conhecido intermediário de degradação de um composto parental que foi produzido, manipulado ou formulado na fábrica que funcionou em Cidade dos Meninos;
- Ser um provável produto de degradação das substâncias encontradas nos resíduos da fabricação de pesticidas nos ambientes alcalinos decorrentes da adição de cal, em 1995; e,
- Apresentar concentrações superiores às normas estabelecidas em qualquer dos compartimentos analisados.

A principal dificuldade da equipe, na avaliação dos dados já existentes até o início dos estudos de avaliação de risco à saúde humana, foi a insuficiência de dados para caracterizar os prováveis contaminantes de interesse a serem investigados.

Utilizando os critérios acima expostos, e os dados analíticos dos estudos realizados, foi determinada a seguinte relação de compostos a ser analisados na seleção dos **contaminantes de interesse** para o processo de avaliação de riscos à saúde humana:

A - compostos produzidos, manipulados ou formulados no local:

- hexaclorociclohexano (HCH, isômeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -)
- Tricloro-bis-(clorofenil)-etano - DDT (isômeros o,o- e o,p-)

B - intermediários conhecidos de degradação:

- Dicloro-bis-(clorofenil)-etano DDE (isômeros o,o- e o,p-)
- Dicloro-bis-(clorofenil)-etano - DDD (isômeros o,o- e o,p-)

C - prováveis compostos de degradação:

- hexaclorobenzeno
- triclorobenzeno
- triclorofenol
- pentaclorofenol
- dibenzo-p-dioxinas e dibenzo furanos policlorados.

Apesar dos relatos indicarem que haviam sido manipulados outros compostos tóxicos, os autores da maioria dos trabalhos anteriores, se preocuparam apenas em investigar o HCH e seus isômeros. Mesmo tendo conhecimento sobre o transporte de resíduos para outras áreas de Cidade dos Meninos, utilizados para diversas finalidades, os estudos anteriores não realizaram a caracterização dos “focos secundários” de contaminação, nem de sua mobilização para outros compartimentos ambientais.

A avaliação de risco, segundo a metodologia da ATSDR, prescreve a *avaliação dos dados existentes* e simplesmente o relato de suas deficiências para futuras investigações. Porém, levando em consideração o intervalo de tempo de 11 anos, decorrido desde as primeiras denúncias pela mídia em 1989; que os dados existentes já sinalizavam exposição da população aos contaminantes; e que novos estudos pelas diversas instituições envolvidas demandaria tempo, a equipe de avaliação de risco decidiu produzir os principais dados necessários definidos como precários ou inexistentes.

Os novos dados, juntamente com a caracterização dos focos secundários, produzidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, sob solicitação do Departamento de Ciências e Tecnologia do Ministério da Saúde, forneceriam a base necessária para a conclusão dos estudos de avaliação de risco à saúde humana na Cidade dos Meninos.

## **1. Contaminação dentro e fora do local de risco**

O Conceito de “local de risco” está relacionado com a fonte principal de emissão dos resíduos poluentes. No caso específico da Cidade dos Meninos, o local de risco é a área onde foram depositados e abandonados irregularmente os resíduos e resto de produção da antiga fábrica de HCH do Instituto de Malariologia.

No entanto, o uso indevido dos resíduos, principalmente como material de capeamento das estradas locais, bem como pesticidas nas residências e sua comercialização, originou focos secundários importantes que precisam ser individual e devidamente caracterizados.

Desta forma, a avaliação da contaminação dos compartimentos ambientais neste relatório considerará como fontes de emissão o “foco principal” e os “focos secundários” como locais de risco. As demais áreas serão então considerados “fora do local de risco”.

### **1.1. Foco Principal - Solos – Conclusões**

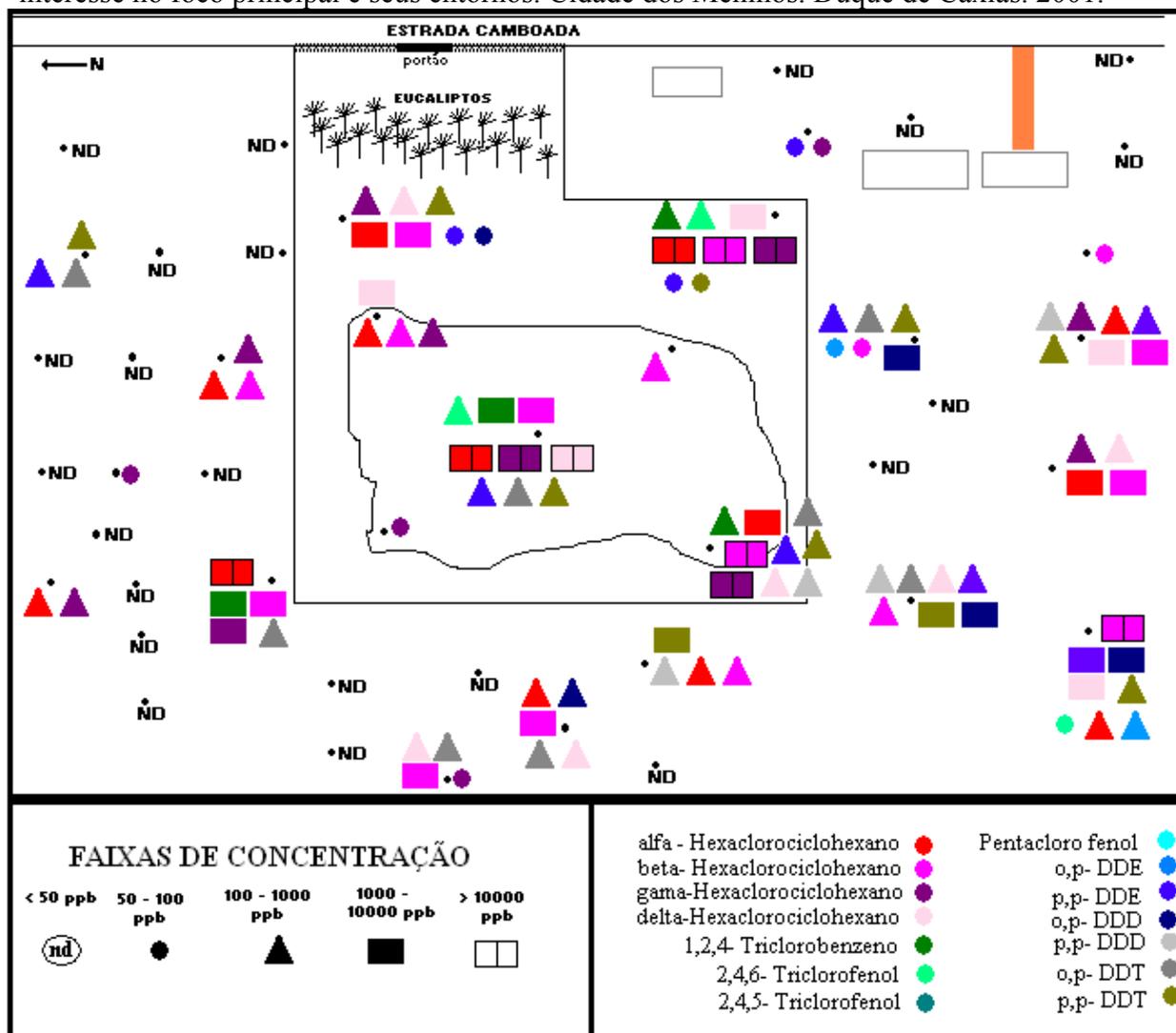
Os dados levantados sobre solos (superficial e sub-superficial) no “foco principal” e seus entornos nos estudos realizados até o presente momento, são suficientes e adequados para uma segura avaliação dos riscos à saúde humana. Em toda a área cercada do foco principal, onde se concentraram as amostragens, foram detectadas concentrações dos contaminantes de interesse acima dos níveis de Risco Máximo Tolerável, segundo as normas holandesas.

As maiores concentrações foram registradas para os isômeros de HCH, com valores muito acima dos níveis exigidos de intervenção. As concentrações de DDT e seus metabólitos, bem como os clorofenóis e clorobenzenos encontradas superam os limites de Risco Máximo Tolerável em todos os pontos de amostragem onde estes compostos foram detectados.

A única análise de dioxina realizada no local (13.900 ng I-TEQ/Kg), exigiria interferência imediata para descontaminação. Em dois pontos de amostragem, foram encontrados traços de pentaclorofenol, abaixo dos limites máximos permitidos.

O desenho a seguir apresenta, de forma esquemática, a distribuição dos contaminantes no foco principal e seus entornos.

Representação gráfica da distribuição das concentrações relativas dos contaminantes de interesse no foco principal e seus entornos. Cidade dos Meninos. Duque de Caxias. 2001.



Fonte: Elaborado a partir dos dados da CETESB (2002)

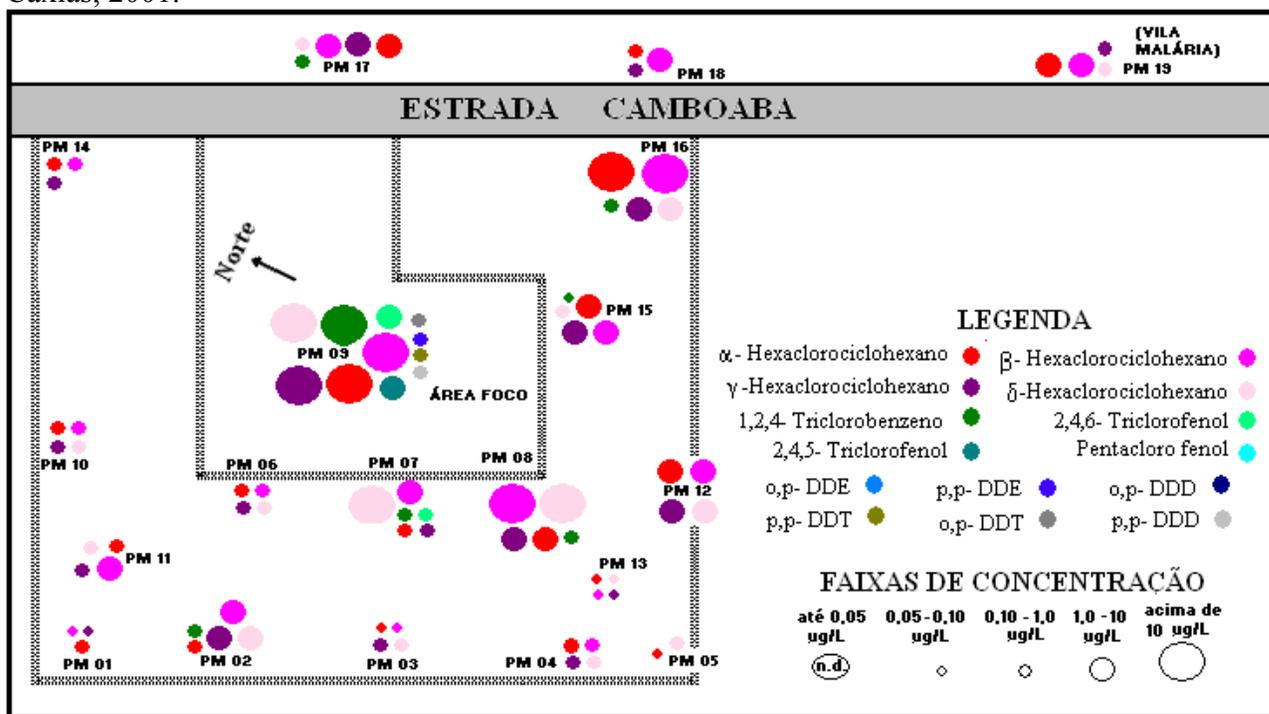
## 1.2. Foco Principal - Águas subterrâneas

Os estudos da CETESB (CETESB, 2002) assinalam a contaminação das águas subterrâneas nos entornos do foco principal. No entanto, os dados não são conclusivos e não permitem determinar a migração dos contaminantes neste compartimento ambiental. A baixa solubilidade e forte adsorção aos componentes do solo podem inibir a rápida migração dos contaminantes nas direções do fluxo subterrâneo. Não foi estabelecida a pluma de contaminação que atinge o lençol freático, porém os dados sugerem que a contaminação migra, predominantemente, da direção Norte para as direções Sul e Sudeste. No entanto, os dados não são conclusivos e não permitem determinar a migração.

O Estudo potenciométrico realizado pela CETESB (CETESB, 2002), assinala a direção Norte - Sul / Sudoeste como predominante no fluxo das águas subterrâneas na área foco e adjacências. Isto indica que a drenagem subterrânea flui em direção ao Rio Iguaçu, e não em direção ao Rio Capivari, como havia sido estabelecido por Barreto (1998).

Os dados obtidos indicam que o lençol freático encontra-se contaminado e que pode representar uma fonte de contaminação ambiental e de risco de exposição humana. A figura a seguir apresenta, em desenho esquemático, a distribuição dos contaminantes nas amostras de água coletadas nos 19 poços de monitoramento instalados pela CETESB em 2001 nas imediações do Foco Principal.

Representação gráfica da localização dos pontos de amostragem para água subterrânea e concentrações relativas dos contaminantes de interesse. Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, 2001.



Fonte: Extraído de CETESB (2002)

### 1.3. Foco Principal – Alimentos

Devido às condições culturais e sócio-econômicas de grande parte de sua população e pelas características rurais da Cidade dos Meninos, com grandes áreas disponíveis para criação e plantação, os alimentos produzidos na área possuem importante papel nos riscos de exposição da população aos resíduos de pesticidas detectados no local. Para avaliar os níveis de contaminação por resíduos de pesticidas nos alimentos amostrados e analisados na Cidade dos Meninos, utilizou-se como referência os níveis máximos de resíduos – MRL - determinados pela Comissão Científica para Agricultura da Comunidade Européia, por ser considerada internacionalmente mais completa e rigorosa

Os dados sobre os resíduos de pesticidas em alimentos amostrados na área do Foco Principal são escassos. As amostras de frutas coletadas e analisadas pela FEEMA (FEEMA/CECAB,1991) indicam concentrações que variam entre 0,008 mg/Kg ( $\alpha$ -HCH em amostra de coco verde) e 76 mg/Kg ( $\delta$ -HCH em amostra de goiaba). Com exceção da amostra de coco verde analisada, as amostras de maracujá e goiaba apresentaram concentrações de Lindano ( $\gamma$ -HCH) com variação entre 3,3 mg/Kg (amostra de maracujá) e 5,5 mg/Kg (amostra de goiaba). Estes resultados estão acima dos limites destes composto para frutas fixados pela Comunidade Européia (1,0 mg/Kg).

#### **1.4. Foco Principal – Compartimento atmosférico**

A FEEMA realizou entre os dias 12 e 23 de setembro de 2000 medições da concentração dos principais isômeros de HCH no material particulado (FEEMA, 2001). Para avaliar os resultados utilizou-se as normas TLV –*Air Quality Guideline* que fixa a concentração máxima de  $\gamma$ -HCH (Lindano) no ar para 1.200 ng/m<sup>3</sup>. As amostragens foram realizadas em 8 pontos ao longo da Estrada da Camboaba, desde a Guarita até a Igreja Evangélica. As concentrações registradas variaram entre < 0,01 até 0,23 ng/m<sup>3</sup> ( $\beta$ -HCH). A maior concentração foi registrada sob condições de sol e vento moderado. Para  $\Sigma$ HCH as concentrações variaram entre < 0,01 até 0,43 ng/m<sup>3</sup>. Utilizando a norma da TLV – *Air Quality Guideline*, a FEEMA concluiu pela boa qualidade do ar em relação aos contaminantes analisados.

O relatório FEEMA não indica os limites de detecção das análises e não esclarece os procedimentos analíticos e de controle de qualidade utilizados. Desta forma, por não estar dentro dos padrões de qualidade dos dados, exigidos pela metodologia de avaliação de risco da ATSDR, os dados sobre a concentração dos pesticidas no compartimento atmosférico na área do Foco Principal da Cidade dos Meninos, que somente foram medidos pela FEEMA, não serão considerados na presente avaliação.

## **2. Focos Secundários**

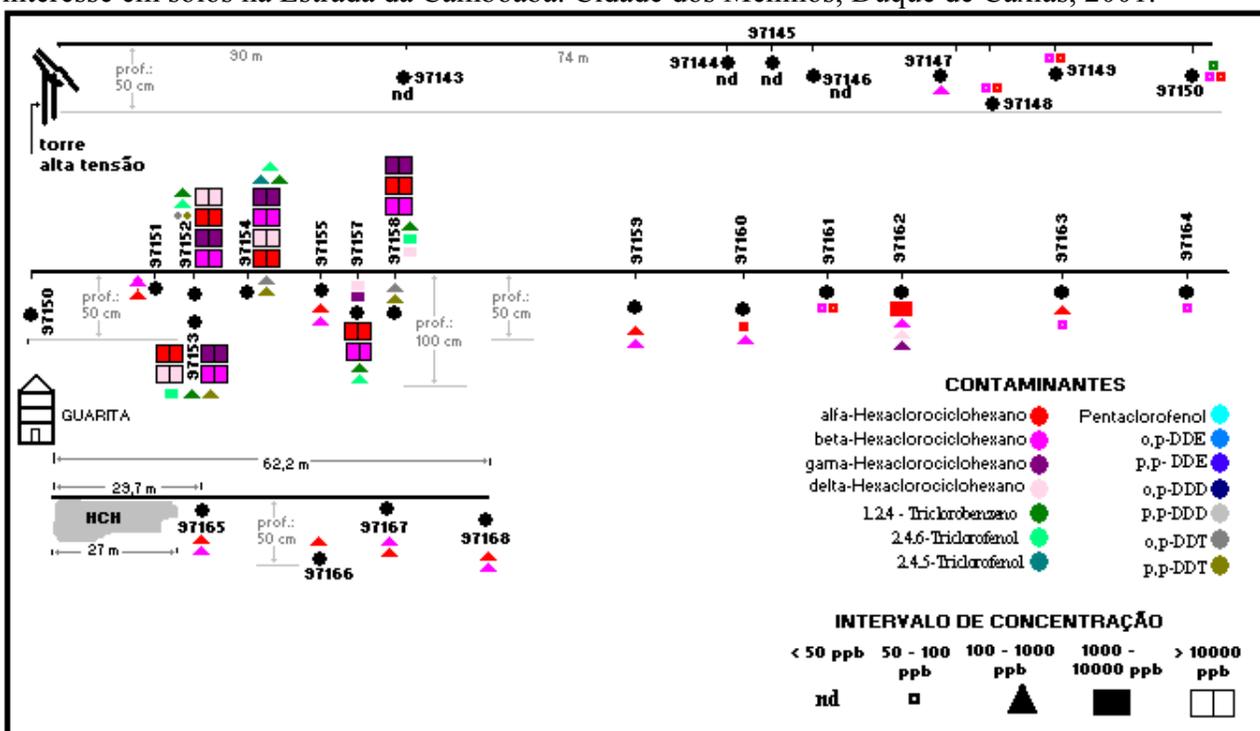
A deposição inadequada e sem controle dos resíduos nas proximidades da fábrica de pesticidas do Instituto de Malariologia na Cidade dos Meninos possibilitou que os resíduos fossem utilizados principalmente para tapar buracos na Estrada da Camboaba, como pesticida nas residências e comercializado nas feiras livres do Município de Duque de Caxias. Isto possibilitou a formação de vários focos secundários com diversos níveis de impacto sobre os compartimentos ambientais.

Os principais focos secundários identificados através das informações de residentes no local e dos estudos já realizados, com contaminação do solo, são os localizados em diversos pontos da Estrada da Camboaba e na estrada vicinal próximo à Igreja Evangélica (resíduos utilizados para tapar buracos nestas vias) e resíduos depositados nas imediações do laboratório da fábrica, na localidade Vila Malária. A inspeção nas residências (DECIT, 2001), através da análise de poeira domiciliar, identificou várias moradias com indícios de manipulação ou estocagem dos resíduos no passado.

## 2.1. Focos secundários - Solos - Estrada da Camboaba

Pelos estudos realizados pela CETESB (CETESB, 2002), observou-se que os isômeros de HCH representam as maiores concentrações. Nos pontos mais contaminados foram encontradas concentrações de centenas de milhares de  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ , para todos os isômeros de HCH e de milhares de  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  para 1,2,4-Triclorobenzeno e 2,4,6-Triclorofenol. Somente em uma amostra (97152) foi detectada a presença de traços (6  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) de pentaclorofenol. Esta também foi a única amostra a apresentar concentrações de DDT acima de 100  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  (DDT = 390  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ). Nos demais pontos amostrados, o DDT e seus metabólitos não foram detectados ou apresentaram concentrações da ordem de até dezenas de  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . A figura a seguir apresenta, de forma esquemática, a distribuição dos contaminantes nas amostras de solo realizadas pela CETESB.

Representação gráfica dos pontos de amostragem e concentrações de contaminantes de interesse em solos na Estrada da Camboaba. Cidade dos Meninos, Duque de Caxias, 2001.



Fonte: Adaptado de CETESB (2002)

## 2.2. Foco Secundário – Solos - Igreja Evangélica

Outra área com indícios de contaminação localiza-se nas proximidades da Igreja Evangélica, mais precisamente no entroncamento da estrada vicinal com um pequeno córrego que drena o local. A FEEMA (2001) coletou amostra de solo superficial, cujos resultados analíticos assinalaram 1.330  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  para  $\alpha$ -HCH; 1.380  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  para  $\beta$ -HCH; 408  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  para  $\gamma$ -HCH e 210  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  para  $\delta$ , totalizando 3.328  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  HCH<sub>total</sub>, confirmando a suspeita de deposição de material contaminado.

Dominguez (2001), através da coleta de uma única amostra de solo superficial, também confirmou as suspeitas sobre a existência de um foco secundário nas proximidades da Igreja Evangélica. As análises desta amostra indicaram as seguintes concentrações: 2.726 µg/Kg para α-HCH; 4.444 µg/Kg para β-HCH; 59 µg/Kg para γ-HCH e 120 µg/Kg para δ, e 7.749 µg/Kg HCH<sub>total</sub>.

A CETESB (CETESB, 2002), após a remoção dos solos contaminados no foco secundário identificado nas proximidades da Igreja Evangélica, realizou algumas amostragens de solos em diferentes profundidades. Os resultados indicam que, após a remoção dos solos contaminados, as concentrações estão abaixo dos níveis de risco propostos pela legislação holandesa. Isto, no entanto, não elimina a possibilidade de que, durante a sua presença, os resíduos tenham contaminado outros compartimentos ambientais.

### **2.3. Foco Secundário – Solos - Vila Malária**

Um dos locais de contaminação secundária na Cidade dos Meninos é a Vila Malária. Além da proximidade ao foco principal, nesta área estava localizada uma instalação laboratorial da fábrica que depositava resíduos das atividades nas suas imediações. Confirmando esta informação, segundo residentes na área, por ocasião das reformas em uma das residências do local, observou-se forte emanção de odores dos resíduos. A CETESB (CETESB, 2002) realizou amostragens de solos em diversos pontos desta área.

A CETESB encontrou e removeu focos significativos de resíduos na Vila Malária. As análises feitas com amostras retiradas de locais após a remoção dos resíduos apresentaram, na maioria dos pontos amostrados, concentrações dos contaminantes abaixo dos valores recomendados pela legislação holandesa para solos residenciais. As maiores concentrações registradas (448,64 µg/Kg para α-HCH; 913,26 µg/Kg para β-HCH; 295 µg/Kg para γ-HCH; 43 µg/Kg para δ-HCH e 104 µg/Kg para p,p' DDT) são provenientes das amostras coletadas nas proximidades do local onde, segundo relatos de residentes, funcionaram os laboratórios da fábrica.

### **2.4. Focos secundários – Água Subterrânea**

Poucos estudos realizaram amostragens e análise das águas subterrâneas. A FEEMA (FEEMA, 2001) realizou algumas amostragens em áreas dos focos secundários da Vila Malária e Igreja Evangélica. Nesta última área a FEEMA também coletou amostras de águas superficiais do córrego, na casa 157, próximo à Igreja Evangélica e no Rio Capivari – próximo a casa 236.

Por outro lado, não pode ser descartada a possibilidade da origem da emissão contaminante ser o foco principal localizado à 400 metros do poço artesiano amostrado, já que os estudos da CETESB (CETESB, 2002), sobre as águas subterrâneas nas proximidades do Foco Principal, indicam contaminação no poço de monitoramento PM19, localizado na Vila Malária, à aproximadamente 300 metros direção sudeste do Foco Principal.

As altas concentrações de  $\alpha$ -HCH e  $\beta$ -HCH na amostra de água coletada no córrego próximo à casa 157, no local onde a estrada vicinal atravessa o córrego, não surpreende pela proximidade imediata ao foco secundário da Igreja Evangélica. Os valores encontrados superam em centenas de vezes as normas européias. Mesmo com a ausência de dados sobre a qualidade das águas subterrâneas na área do foco secundário Igreja Evangélica, a contribuição natural dos corpos hídricos superficiais (córrego que drena a área) para os aquíferos, sugerem a possibilidade de contaminação dos mananciais subterrâneos. A falta de dados, no entanto, não permite fazer tal afirmativa.

Na amostra coletada no Rio Capivari, que flui por trás da Igreja Evangélica, não foi detectada a presença dos contaminantes. No entanto, deve-se ressaltar que a localização do ponto amostrado, próximo à casa 236, encontra-se à montante do foco secundário nas proximidades da Igreja Evangélica e de todo percurso nas proximidades da Cidade dos Meninos. Portanto, esta amostragem não é representativa para uma possível contaminação das águas do Rio Capivari pelos resíduos daquele foco secundário. Por outro lado, a vazão do Rio Capivari, a distância e tamanho deste foco secundário, bem como as barreiras naturais contrárias à permeação (camada de argila), não devem suscitar maiores possibilidades de contaminação expressiva deste corpo hídrico.

A única amostra de água de captação subterrânea coletada na Vila Malária pela FEEMA (FEEMA, 2001) indica concentração do isômero  $\beta$ -HCH ( 0,47  $\mu\text{g/L}$ ) acima das normas de potabilidade da CE e da legislação holandesa.

No que se refere à área de foco secundário Vila Malária, os dados analíticos das amostras coletadas tanto pela FEEMA como pela CETESB indicam a presença de contaminantes no aquífero freático, porém, não são suficientes para uma avaliação precisa sobre os riscos de contaminação das águas subterrâneas.

### **3. Contaminantes encontrados fora das áreas focos**

Os resíduos de pesticidas da antiga fábrica do Instituto de Malariologia na Cidade dos Meninos foram detectados através de diversos estudos realizados por instituições de pesquisa e órgãos de controle ambiental em diferentes compartimentos ambientais, em alimentos e em substratos humanos. Um volume desconhecido do pesticida (estimado como sendo da ordem de trezentos e cinquenta toneladas), bem como outros produtos utilizados em seu processamento ficaram espalhados, empilhados e possivelmente enterrados no local denominado foco principal.

Afora a dispersão ambiental natural decorrente da falta de medidas adequadas de confinamento dos resíduos, estes também foram utilizados pelos residentes da localidade para comercialização como “pó de broca” nas feiras livres do Município de Duque de Caxias, e mesmo para usos diversos, como inseticidas nas residências. Volumes desconhecidos destes resíduos foram retirados do foco principal e levados para locais não plenamente identificados.

Além disto, os resíduos foram usados, em proporções ignoradas, no leito da Estrada da Camboaba, que constitui a principal via de acesso a Cidade dos Meninos. Esses usos indevidos dos resíduos geraram os focos secundários de emissão dos poluentes já analisados.

Nos focos de emissão, identificados e caracterizados pelos estudos anteriores, existia a necessidade da caracterização da dispersão dos contaminantes nos diversos compartimentos ambientais fora dos focos de emissão.

### **3.1. Solos**

#### **3.1.1. Pesticidas**

Devido aos poucos dados sobre a dispersão ambiental dos contaminantes em solos fora das áreas de foco e a inexistência de dados abrangendo todos os contaminantes de interesse, a AMBIOS Engenharia, realizou amostragens de solo superficial e de alimentos (AMBIOS, 2002). O DECIT (DECIT, 2001) realizou amostragens de poeira domiciliar.

A maioria das residências na Cidade dos Meninos localiza-se às margens da estrada da Camboaba e suas ramificações. Este fato determinou que a coleta seguisse uma grade de amostragem, tomando-se como base duas retas imaginárias, localizadas, respectivamente, a 50 e 100 metros das margens da Estrada da Camboaba. Os pontos de amostragem foram fixados a cada 500 metros destas retas, a partir da guarita principal da Cidade dos Meninos.

Além dos pontos de amostragem fixados na grade proposta, foram estabelecidos pontos de amostragem nas imediações das residências ao longo da ramificação da Estrada da Camboaba que leva às localidades Olaria e Lixão, situadas dentro da área da Cidade dos Meninos.

No ponto de amostragem 06, localizado nas proximidades do Posto de Saúde, o composto p,p' do DDT e de seus metabólitos superaram as concentrações de Risco Máximo Aceitável (9 µg/Kg) proposto pela legislação holandesa para áreas residenciais. A somatória das concentrações do DDT e seus metabólitos é de 589 µg/Kg, superando em mais de 60 vezes aquele valor limite.

No ponto de amostragem 22, localizado à 100 metros do lado esquerdo da Estrada da Camboaba, em área de pastagem, em local constantemente alagado, a somatória do DDT e seus metabólitos é menor que no ponto de amostragem 06 ( $\Sigma$ DDT=115 µg/Kg), porém superior em 12 vezes o valor limite estabelecido.

Em vários pontos de amostragem (01, 07, 08, 09, 13, 14 e 20), nota-se a presença do composto pentaclorofenol em concentrações variando entre o limite de detecção da metodologia analítica utilizada (2 µg/Kg) e 40 µg/Kg. É interessante observar que este composto somente havia sido detectado em duas amostras de solos coletados em trincheiras no Foco Principal. Apesar das baixas concentrações de todos os compostos analisados, nos pontos onde foi detectado, a concentração do pentaclorofenol é superior a dos demais

contaminantes. As concentrações detectadas, no entanto, encontram-se abaixo dos limites de risco estabelecidos pela legislação holandesa para solo superficial em áreas residenciais.

### 3.1.2. Dioxinas e Furanos

Devido à toxicidade das dioxinas e seus compostos congêneres, a ATSDR (1989) determina como 50 ppt TEQ o valor Guia de Avaliação do Meio Ambiental (EMEG, da sigla em inglês), como concentração limite nos solos residenciais, a partir da qual devem ocorrer estudos de avaliação; e 1ppb de dioxina total (expresso em TEQs) como a concentração limite para intervenção.

Dentre o total de 32 amostras de solo superficial coletadas para análise de pesticidas, 8 amostras foram analisadas quanto à sua concentração em dioxinas e furanos. As concentrações da somatória das dioxinas e furanos variaram entre 0,12 e 5,4 ppt TEQ. Estas concentrações estão abaixo do valor EMEG (50 ppt TEQ) proposto pela ATSDR (1989), bem como das normas da Holanda (MVROM, 1999), como limite de intervenção para solo superficial em áreas residenciais.

### 3.2. Alimentos

Após as primeiras denúncias, a FEEMA (FEEMA/CECAB1991) coletou amostras de alimentos (ovo, leite, banana, cana de açúcar e laranja). Os resultados das análises de pesticidas apresentaram concentrações de HCH e seus isômeros acima dos limites.

O estudo de Mello (1999) determinou a concentração de pesticidas em amostras de leite de vacas criadas na Cidade dos Meninos. A coleta das amostras ocorreu junto aos produtores encontrados na ocasião dos estudos. Desta forma, trata-se de amostras provenientes de rebanhos que pastam livremente em toda a área da Cidade dos Meninos. A tabela a seguir assinala os resultados analíticos obtidos naquele estudo.

Concentração de pesticidas em amostras de leite de vaca na Cidade dos Meninos, 1999.

Amostra	Concentração dos pesticidas (mg/Kg)											
	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\Sigma$ HCH	<i>o,p'</i> DDE	<i>p,p'</i> DDE	<i>o,p'</i> DDD	<i>p,p'</i> DDE	<i>o,p'</i> DDT	<i>o,p'</i> DDT	$\Sigma$ DDT
01	0,0025	0,0130	ND	ND	0,0156	ND	0,0006	ND	ND	ND	ND	0,0006
02	0,0025	0,0039	ND	ND	0,0064	ND	0,0022	ND	ND	ND	ND	0,0022
03	0,0042	0,0124	ND	ND	0,0166	ND	0,0057	ND	ND	ND	ND	0,0057
04	0,0337	0,0178	ND	ND	0,0515	ND	0,0018	ND	ND	ND	ND	0,0018

Fonte: Mello (1999) ND = não detectado até o limite de detecção do método (0,0004 mg/Kg de leite)

Com exceção da amostra 04 ( $\Sigma \alpha$ -HCH +  $\beta$ -HCH = 51 $\mu$ g/Kg), 7 vezes superior às normas da CE, as amostras 01 e 03 encontram-se 2 vezes acima das normas e amostra 02 encontra-se dentro das normas. Os resultados obtidos tanto pela FEEMA (2001) como por Mello (1999) são bastante próximos.

É interessante ressaltar que os resultados dos estudos de Mello (1999) não detectaram concentrações de DDT acima das normas para nenhuma amostra de leite de vaca.

Estes resultados são ainda mais surpreendentes ao se constatar que a amostra de solo n° 22, coletada em ponto de pastagem (a equipe de pesquisa da AMBIOS constatou a presença de gado pastando neste local em todas as visitas durante os estudos), foi a que apresentou as maiores concentrações destes compostos ( $\Sigma$ DDT=115  $\mu$ g/Kg) em solo superficial. Adicionalmente, a característica fortemente lipofílica, destes compostos favorece a acumulação em biolipídios (Hassall, 1990; Nerin *et al.*, 1995; Klaassen & Rozman, 1991 *apud* Mello, 1999).

Mello (1999) também realizou estudos sobre leite materno, comparando amostras de mulheres da Cidade dos Meninos com mulheres de outras localidades. Seus estudos assinalam que as amostras das doadoras da Cidade dos Meninos apresentaram contaminação altamente significativa para o isômero  $\beta$ -HCH, atingindo valores de até 20 vezes a IDA (ingestão diária aceitável) estabelecida, enquanto nas amostras das doadoras de outras localidades a IDA não foi ultrapassada. A tabela a seguir apresenta seus principais resultados.

Concentração de pesticidas em amostras de leite humano na Cidade dos Meninos, 1999

Amostra	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\Sigma$ HCH	$o,p'$ DDE	$p,p'$ DDE	$o,p'$ DDD	$p,p'$ DDE	$o,p'$ DDT	$p,p'$ DDT	$\Sigma$ DDT
01	ND	0,0404	0,0124	ND	0,0404	ND	0,1412	ND	ND	ND	0,0189	0,1601
02	0,0036	0,0827	0,0034	ND	0,0863	ND	0,0309	ND	ND	ND	0,0065	0,0374
03	0,0018	0,0591	0,0054	ND	0,0609	ND	0,0973	ND	ND	ND	0,0041	0,1014
04	ND	0,0110	0,0095	ND	0,0110	ND	0,0020	ND	ND	ND	0,0019	0,0039
05	0,0024	0,0515	0,0041	ND	0,0539	ND	0,0357	ND	0,0070	ND	0,0077	0,0504
06	0,0051	0,0580	ND	ND	0,0631	ND	0,0733	ND	0,0040	ND	0,0061	0,0834
07	0,0038	0,1519	ND	ND	0,1557	ND	0,1288	ND	0,0086	ND	0,0285	0,1659

Fonte: Adaptado de Mello (1999) ND = não detectado até o limite de detecção do método (0,0004 g/Kg leite)

É interessante observar que as concentrações dos compostos  $p,p'$ DDE,  $p,p'$ DDT e  $\Sigma$  DDT encontradas por Mello (1999) na Cidade dos Meninos, local com contaminação comprovada por estes poluentes em diversos compartimentos ambientais, estão todas abaixo das concentrações máximas encontradas em amostras de leite materno coletadas de forma similar em 32 mulheres da cidade de Cuiabá, Mato Grosso (Oliveira & Dores, 1998)

Devido às poucas amostragens de alimentos realizadas nos estudos anteriores, a AMBIOS Engenharia e Processos Ltda. realizou coleta para análise de pesticidas em amostras adicionais de ovos, mandioca e cana de açúcar. Os dois primeiros alimentos escolhidos são consumidos em toda a região da Cidade dos Meninos. Em relação à mandioca, a pesquisa realizada pela equipe de amostragem indicou que, afora consumo próprio, os residentes também comercializam o produto dentro e fora da Cidade dos Meninos.

### 3.2.1. Ovos

A decisão da escolha de ovos na amostragem de alimentos deveu-se ao fato de já existirem estudos anteriormente realizados em duas áreas da Cidade dos Meninos (nas proximidades

das casas 41 e 157), tendo sido apontados valores elevados de HCH total e seus isômeros (FEEMA, 2000).

Além de ser um grande bioconcentrador de pesticidas organoclorados, o ovo, juntamente com o leite, constituem base de proteína animal fundamental para os residentes da localidade.

As análises de pesticidas nas amostras de alimentos coletadas pela AMBIOS (2002) foram realizadas pelo Laboratório Analytical Solutions no Rio de Janeiro. O limite de detecção da metodologia analítica utilizada é de 0,01 µg/Kg para todos os compostos analisados. Os compostos o,p'DDE, o,p'DDD e o,p'DDT foram quantificados pelo método semi-quantitativo.

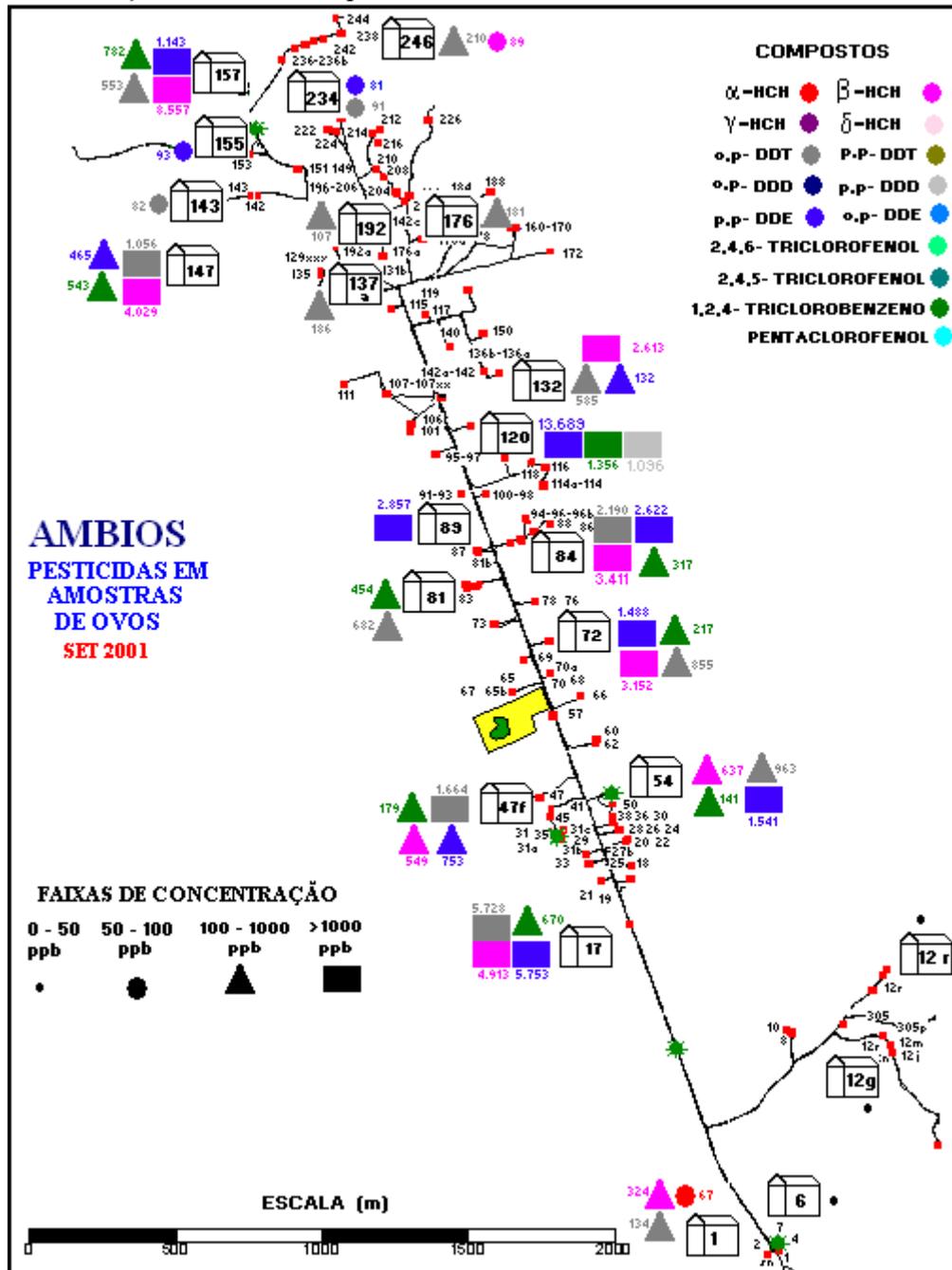
Conforme já assinalado, a maioria dos residentes na Cidade dos Meninos possui moradias ao longo da Estrada da Camboaba e nas estradas vicinais que lhe dão prosseguimento. A Estrada da Camboaba apresenta segmentos extensos representando focos secundários de contaminação pelos resíduos de pesticidas, principalmente no percurso desde a entrada principal, na Avenida Presidente Kennedy, até as proximidades do Foco Principal. Neste trecho a estrada atravessa a Vila Malária, área com maior densidade de residências.

As concentrações de pesticidas encontradas nas amostras de ovos, com exceção das amostras coletadas na localidade denominada Olaria, indicam contaminação destes alimentos na Cidade dos Meninos em níveis até centenas de vezes superiores aos níveis máximos de resíduos – MRL - estabelecidos pela Comissão Científica para a Agricultura da Comunidade Européia (CE, 2001).

Os compostos 1,2,4-Triclorobenzeno,  $\beta$ -HCH, o,p'DDE e o,p'DDT foram detectados em quase todas as amostras. O composto  $\alpha$ -HCH, indicativo de contaminação recente, somente foi detectado em duas amostras. O composto p,p'DDD somente foi detectado em uma amostra. Os compostos 2,4,6-triclorofenol ; 2,4,5-triclorofenol; hexaclorobenzeno;  $\gamma$ -HCH;  $\delta$ -HCH; pentaclorofenol; o,p'DDD; o,p'DDE e p,p'DDT não foram detectados em nenhuma das amostras de ovos.

A figura a seguir apresenta, através de desenho esquemático, a distribuição dos contaminantes nas amostras de ovos de galinha coletados em diversos pontos da Cidade dos Meninos.

Representação gráfica das residências onde foram coletadas amostras de ovos galinha e concentrações relativas dos poluentes de interesse. Cidade dos Meninos, 2001.



Fonte: AMBIOS (2002)

### 3.2.2. Dioxinas em amostras de ovos

Segundo a ATSDR (1998), atualmente o consumo de alimentos (incluindo o leite materno) é a forma mais importante de exposição às dioxinas - CDDs (Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins) para a população em geral, representando mais de 90% da ingestão diária. O

mecanismo primário pelo qual as CDDs entram na cadeia alimentar terrestre é a deposição atmosférica, úmida ou seca (McCrary & Maggard, 1993). Pela importância toxicológica destes compostos, e levando em consideração a concentração de dioxinas encontradas por Kraus e Braga (2000) em uma amostra de solo superficial na área do Foco Principal, a AMBIOS enviou seis das amostras de ovos de galinha coletadas para análise quanto a estes compostos. As análises foram realizadas pelo Laboratório Analytical Solutions no Rio de Janeiro. A localização das casas de onde as amostras foram coletadas procurou alcançar uma distribuição representativa de Cidade dos Meninos.

Para se avaliar os resultados analíticos foram utilizados os limites de dioxinas e furanos em alimentos recomendados pela Comissão Científica para Agricultura da Comunidade Européia (CE, 2001a), que fixa em 3 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g gordura o nível máximo de dioxinas (PCDD + PCDF) em ovos de galinha.

Os resultados obtidos em todas as amostras de ovos de galinhas analisadas apresentam concentrações de dioxinas e furanos acima de 3,0 ng/Kg TEQ, limite fixado pela legislação da Comunidade Européia. Cinco das seis amostras analisadas apresentaram concentrações variando entre 7,1 e 12,2 ng/Kg TEQs, superando em até 4 vezes os limites determinados pela CE. A maior concentração de unidades toxicológicas equivalentes foi encontrada na amostra de ovo de galinha coletada na casa nº 01, sob influência direta do foco secundário existente na Estrada da Camboaba, na guarita de entrada. Nesta amostra as normas européias foram superadas em mais de 10 vezes (30,4 ng/Kg TEQ).

Estudo realizado entre os anos de 1979 e 1984 pelo FDA (*Food and Drug Administration*), órgão do governo dos EUA, para detecção de dioxinas em amostras de alimentos coletadas em supermercados de diversas partes do país, não foi detectado a presença destes compostos nas amostras de ovos analisadas (Firestone et al., 1986).

### **3.2.3. Pesticidas e dioxinas em amostras de cana de açúcar**

As amostras (n=3) foram coletadas nas áreas onde existe o cultivo da cana de açúcar. Nas amostras analisadas não foi detectada a presença de pesticidas, sendo encontrados traços de dioxinas e furanos abaixo dos limites recomendados.

### **3.2.4. Pesticidas e dioxinas em amostras de mandioca**

Somente em uma amostra de mandioca (n=6) coletada na casa nº 09, nas imediações do foco secundário guarita, foram detectadas concentrações relevantes de  $\beta$ -HCH (667,46  $\mu$ g/Kg) e de p,p'DDE (23,43  $\mu$ g/Kg). Na amostra coletada nas imediações da casa nº 236 foi detectada a presença de traços de  $\beta$ -HCH (25,56  $\mu$ g/Kg). Nas demais amostras não foram detectadas presença de contaminantes de interesse. Nenhuma amostra excedeu os padrões de consumo propostos pela legislação internacional.

Em três amostras de mandioca, coletadas nas imediações das casas nºs 09, 31b e 147, foram realizadas análises de dioxinas e furanos. Nestas amostras os resultados dos fatores equivalentes da soma destes compostos foram baixos, variando entre 1,4 e 1,9 ppt TEQs. O único composto detectado nas amostras analisadas foi o octaclorodibenzodioxina – OCDD.

#### 4. Poeira Domiciliar

Com o objetivo de detectar possíveis focos secundários de contaminação, o DECIT (2001) realizou vistoria e inquérito nas residências da Cidade dos Meninos. Numa primeira fase da vistoria, as residências foram inspecionadas buscando a identificação de vestígios dos resíduos. Os residentes foram inquiridos sobre o manuseio e destino de resíduos. Numa segunda etapa, em função dos resultados obtidos, nas casas onde foram encontrados vestígios da presença de resíduos, foram realizadas amostragens de poeira domiciliar para confirmação dos indícios de contaminação.

Em função da distribuição espacial das casas sob suspeita de contaminação, duas premissas foram inferidas, a partir dos dados existentes e das inspeções efetuadas, e utilizadas para selecionar em quais residências haveria coleta de poeira:

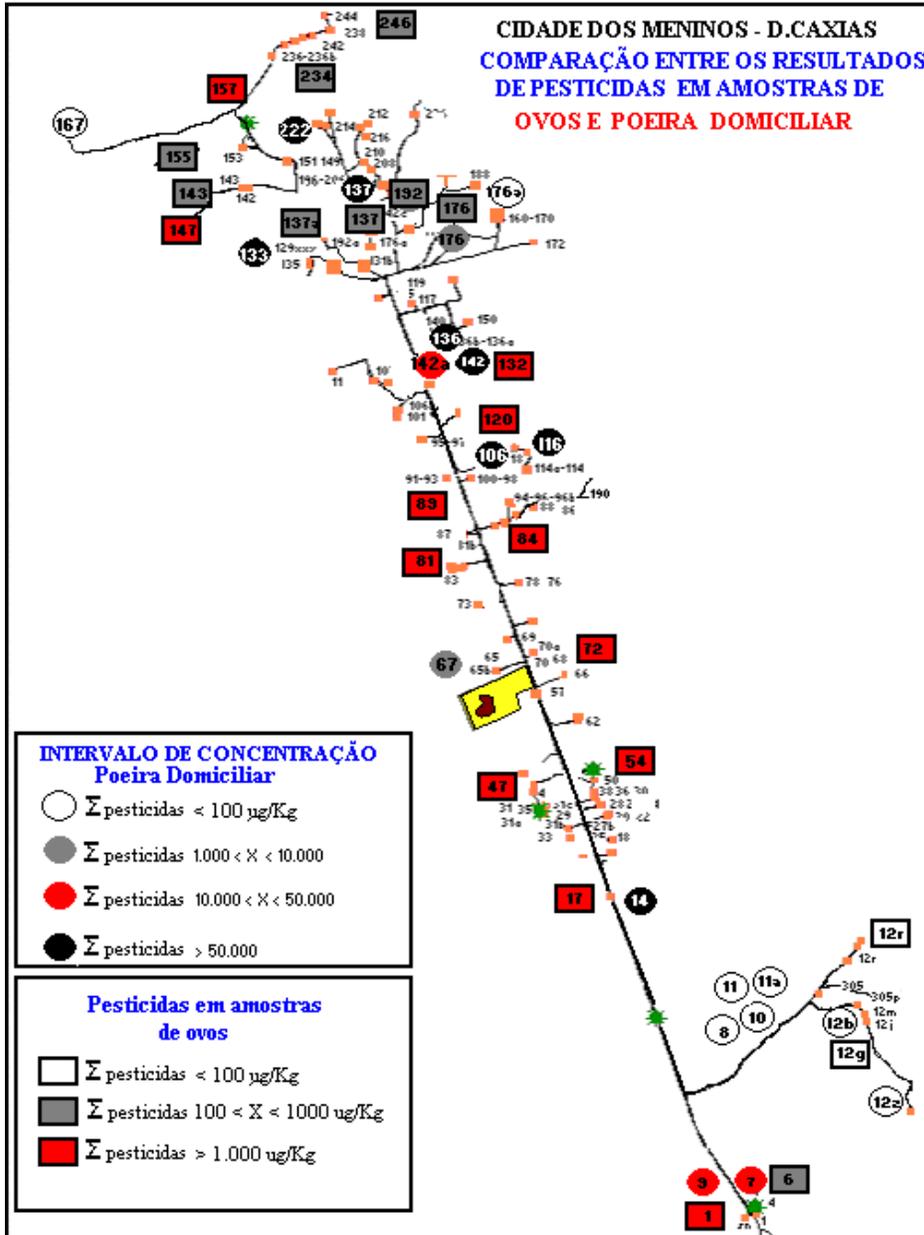
- Casas próximas ao foco principal de contaminação recebem uma influência direta dos materiais particulados contaminados provenientes desses locais; e
- Casas próximas aos focos secundários de contaminação recebem influência direta dos materiais particulados contaminados provenientes desses locais.

Apesar de eficiente na identificação das residências com níveis elevados de pesticidas na poeira domiciliar, sugerindo a manipulação presente ou pretérita dos resíduos, a metodologia utilizada não permite estabelecer os níveis de exposição por inalação dos residentes aos pesticidas, já que não estabelece a concentração dos poluentes no ar. Por outro lado, os locais onde a poeira domiciliar é coletada, lugares recônditos, em altura superior a 1,5 metros, detrás de móveis e objetos, de difícil acesso, permite identificar o processo de contaminação de longo tempo. Estas amostras, por suas características, também não podem ser avaliadas como solo superficial, o que permitiria a avaliação da exposição por ingestão (principalmente das crianças) ou por contato.

O trabalho do DECIT (2001) forneceu informações importantes sobre a proliferação de focos de emissão secundários, ressaltando a dispersão dos poluentes em todas as áreas da Cidade dos Meninos. As análises de pesticidas nas amostras de poeira domiciliar foram realizadas pelo laboratório Analytical Solutions no Rio de Janeiro. Os resultados indicam que, mesmo excluindo-se as áreas mais próximas aos principais focos de resíduos (Vila Malária, trecho inicial da estrada da Camboada e Foco Principal), em todas as amostras analisadas foi detectada a presença de 1,2,4-triclorobenzeno, DDT e seus metabólitos. Com exceção das residências ao longo da estrada vicinal que conduz à Olaria, a soma das concentrações do DDT e seus metabólitos são elevadas, da ordem de centenas de milhares e até de milhões de  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . Em somente duas residências foi detectada a presença de  $\beta$ -HCH em concentrações acima de 1.000  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ . Nas demais, praticamente, não se detectou a presença dos isômeros do HCH. Os compostos 2,4,6-triclorofenol, 2,4,5-triclorofenol, hexaclorobenzeno, pentaclorofenol não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas. Ao se comparar os resultados das análises de pesticidas em amostras de alimentos (ovos) e poeira domiciliar, mesmo sem os dados para poeira domiciliar na *área de exclusão* (onde não foram realizadas amostragens pela certeza da existência de contaminação devido aos dados já conhecidos), observa-se uma grande semelhança na

distribuição espacial dos poluentes nas áreas mais densamente habitadas da Cidade dos Meninos. A figura a seguir assinala, em representação gráfica, a comparação destes dados.

Representação gráfica da comparação entre os resultados das análises de pesticidas entre as amostras de alimentos (ovos) e poeira domiciliar na Cidade dos Meninos. 2001.



Fonte: AMBIOS (2002) e DECIT (2001)

## 5. Seleção dos contaminantes de interesse

Com base nos dados ambientais reportados, determina-se os contaminantes de interesse que serão utilizados nos estudos futuros, principalmente nos processos de monitoramento ambiental e acompanhamento de saúde das populações envolvidas. Os contaminantes de

interesse serão os compostos cujas concentrações nos compartimentos ambientais analisados superarem os limites utilizados como referência. Para cada contaminante, a equipe de avaliação de risco fez a escolha dos valores de referência mais adequados. Levando em conta a toxicidade dos compostos envolvidos e o critério de precaução quanto ao maior risco, a seleção dos contaminantes de interesse terá como base as concentrações máximas detectadas de cada contaminante dentro e fora dos focos de emissão nos compartimentos ambientais analisados.

### 5.1. Solos

A tabela a seguir assinala as concentrações máxima e média de cada contaminante detectado nas amostras de solo nos principais focos de emissão da Cidade dos Meninos, bem como os valores de referência da legislação holandesa para solos residenciais (MTR – *Nível Máximo de Risco Tolerável* - e Valor de Intervenção) e EMEG propostos pela ATSDR. Na maioria dos casos, as normas holandesas são mais rigorosas.

Concentrações de pesticidas em solos nos principais focos de emissão dos poluentes e valores de referência para solos ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ). Cidade dos Meninos. Duque de Caxias. 2001.

COMPOSTO	Foco Principal		Estrada da Camboada		Valores de Referência		
	Máxima	Média	Máxima	Média	MTR <sup>1</sup>	Intervencao <sup>2</sup>	EMEG <sup>3</sup> (mg/Kg)
1,2,4-TCB	4001	564	390	95		30.000	20
2,4,6-TCF	220	51	1.742	174,9			150
2,4,5-TCF	19	5,35	120	18,7			150
Alfa-HCH	89.467	15.456	1.104.293	224.344	290	2.000**	400
HCH	0	0	0	0			
Beta-HCH	45.429	1.0249	242.149	24.302	920	2.000**	30
Gama-HCH	32.244	10.080	109.564	10.983	230	2.000**	5
Delta- HCH	22.270	4008	32.871	3.312		2.000**	
PCF	7	0	6	1		5.000	50
o,p-DDE	17	3	3	1	9*	4.000*	
p,p-DDE	393	89	95	16	9*	4.000*	
o,p-DDD	124	24	10	2	9*	4.000*	
p,p-DDD	627	105	52	10	9*	4.000*	
o,p-DDT	242	58	235	38	9*	4.000*	
p,p-DDT	1.095	246	932	143	9*	4.000*	25
Dioxinas	máx.:13.900 ppt					1.000 ppt	50.000 ppt

Fonte: AMBIOS (2002)

\* DDT, DDD e DDE total

\*\* HCH total

#### Observações:

1 - MTR – (Maximaal Toelaatbare Risiconiveau) Nível de Máximo Risco Aceitável - Holanda

2 – (De interventiewaarde) - Valor de intervenção - Holanda

3 – Guia de avaliação de meio ambiental (EMEG, da sigla em inglês) – ATSDR (USA)

Observa-se, pelos dados apresentados, que as concentrações dos isômeros de HCH nas amostras de solo nos focos da Estrada da Camboaba são superiores às concentrações no Foco Principal. Os demais poluentes, DDT e seus metabólitos, isômeros do HCH, bem como os compostos do grupo das dioxinas e furanos, superaram as normas estabelecidas e são contaminantes de interesse a serem observados nos processos de monitoramento e remediação, bem como nos estudos de acompanhamento de saúde das populações afetadas.

## 5.2. Água Subterrânea

Entre as amostragens realizadas, as maiores concentrações dos poluentes em águas subterrâneas foram observadas nas amostras coletadas nas proximidades do Foco Principal.

Os compostos Pentaclorofenol e Hexaclorobenzeno não foram detectados nas amostras analisadas. Os isômeros do HCH superaram todos valores de referência, inclusive os respectivos EMEG. Os compostos Triclorobenzenos superaram as normas brasileira e internacionais de potabilidade. Os resultados da comparação entre as concentrações máximas dos poluentes e os respectivos valores de referências indicam que somente os compostos Pentaclorofenol e Hexaclorobenzeno não superaram os padrões de potabilidade utilizados. Os demais poluentes, DDT e seus metabólitos, isômeros do HCH, bem como os compostos triclorobenzenos e triclorofenóis, superaram normas estabelecidas e são contaminantes de interesse a serem observados nos processos de monitoramento e remediação, bem como nos estudos de acompanhamento de saúde das populações afetadas.

Concentrações máximas encontradas nas amostras de água subterrânea e seus respectivos valores de referência. Cidade dos Meninos. Duque de Caxias. 2001.

COMPOSTO	Concentração máxima encontrada (µg/L)	EMEG (µg/L)	Brasil <sup>1</sup> (µg/L)	Holanda <sup>2</sup> (µg/L)	OMS <sup>3</sup> (µg/L)
Triclorobenzenos	91,11	4.000	20,0	1,0	20,0
Triclorofenóis	15,67	30	200,0	1,0	
HCH <sub>total</sub>	6.300		1,0		1,0
Alfa-HCH	928,46			0,1	
Beta-HCH	62,61	0,6		0,1	
Gama-HCH	1.208,62	0,1	2,0		2,0
Pentaclorofenol	ND		9,0	0,1	9,0
Hexaclorobenzeno	ND	0,2	1		1
DDE	0,22		2*	0,1	1,0
DDT	1,26	5	2*	0,1	2,0

Fonte: AMBIOS (2002)

\* DDT e seus metabólitos total

### Observações:

1 – Portaria nº 1.469 de 29/12/2000 da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

2 - MVRM (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer) Directoraat-Generaal Milieubeheer. *Stofen en Normen – Overzicht van velangrijke stoffen en normen in het milieubeleid*. Samson, Alphen aan den Rijn, Nederland, 1999

3 - WHO (World Health Organization). 1998. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2 Health criteria and other supporting information, 1996 (pp. 940-949) and Addendum to Vol.2 . (pp. 281-283)

### 5.3. Alimentos

Dos alimentos analisados, as amostras de ovos apresentaram as maiores concentrações dos compostos organoclorados presentes nos focos de emissão da Cidade dos Meninos.

Os compostos triclorofenóis, gama-HCH, pentaclorofenol e hexaclorobenzeno não foram detectados nas amostras de ovo de galinha.

Os compostos alfa-HCH, beta-HCH, DDT, DDD, DDE e as substâncias congêneres das dioxinas e furanos apresentaram concentrações muito superiores aos valores de referência devendo, portanto, serem consideradas contaminantes de interesse em estudos futuros. A tabela a seguir apresenta as concentrações máximas encontradas e os valores de referência utilizados na avaliação.

Concentrações máximas de compostos organoclorados determinadas nas amostras de ovo de galinha e valores de referência utilizados. Cidade dos Meninos. Duque de Caxias. 2001

COMPOSTO	Concentração máxima - Ovos -	Valores de referência
Triclorobenzenos	1.356 µg/Kg	
Triclorofenóis	ND	
Alfa-HCH	66 µg/Kg	20 µg/Kg <sup>(1)</sup>
Beta-HCH	4.913 µg/Kg	10 <sup>1</sup> µg/Kg <sup>(1)</sup>
Gama-HCH	ND	10 µg/Kg <sup>(1)</sup>
Pentaclorofenol	ND	
Hexaclorobenzeno	ND	20 µg/Kg <sup>(1)</sup>
DDE	13.689 µg/Kg	50 µg/Kg <sup>(1)</sup>
DDD	1.097 µg/Kg	50 µg/Kg <sup>(1)</sup>
DDT	5.728 µg/Kg	50 µg/Kg <sup>(1)</sup>
Dioxinas e furanos	30 ng WHO-PCDD/F-TEQ /Kg fat	3 ng WHO-PCDD/F-TEQ /Kg fat <sup>(2)</sup>

1 - MRL - *Maximum Residue Levels* – Níveis Máximos de Resíduos determinados pela

Comissão Científica para Agricultura da Comunidade Européia. (C.E., 2001).

2 - Resolução DN: IP/01/1698) Comissão Científica para Agricultura da Comunidade Européia

### 6. Contaminantes de Interesse – Conclusão

A comparação das concentrações máximas dos poluentes analisados em amostras dos compartimentos ambientais (solos, água e alimentos) com os respectivos valores de referência utilizados indicaram os seguintes compostos organoclorados superaram as normas estabelecidas e são contaminantes de interesse a serem observados nos processos de monitoramento e remediação, e nos estudos de acompanhamento de saúde das populações afetadas:

- *HCH e seus isômeros;*
- *DDT e seus metabólitos;*
- *Triclorobenzenos;*
- *Triclotofenóis; e,*
- *Dioxinas e furanos.*

## VI. MECANISMOS DE TRANSPORTE

Os mecanismos de transporte indicam como cada contaminante considerado de interesse, devido às suas características físicas e químicas, e às condições ambientais existentes no local de risco, podem migrar desde as fontes de emissão e poluir os compartimentos ambientais e, por último, o homem.

### 1. Mecanismos de transporte dos contaminantes de interesse na Cidade dos Meninos

#### 1.1. Isômeros do HCH

Os isômeros do HCH apresentam baixa solubilidade em água (entre 5 e 17 mg/L à 20°C). A pressão de vapor dos isômeros do HCH, varia entre  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  mmHg à 20°C, indicando que na atmosfera estes compostos podem se apresentar tanto na fase vapor como ligado ao material particulado suspenso. Os valores da Constante da Lei de Henry, variando da ordem de  $10^{-6}$  a  $10^{-7}$  atm·m<sup>3</sup>/mol, indicam baixa volatilidade. Os isômeros do HCH apresentam valores altos para o coeficiente de partição octanol-água (Log K<sub>ow</sub> entre 2,8 e 4), indicando a tendência destes compostos acumularem-se nas porções lipídicas dos animal. Estes compostos tendem a acumular-se na biota, e adsorvem-se fortemente ao solo, ao sedimento e a matéria orgânica; e se transferem aos humanos através da cadeia alimentar.

#### 1.2. Tricloro-Bis-(Clorofenil)-Etano (DDT) e seus metabólitos

Os coeficientes de partição do carbono orgânico de  $1,5 \times 10^5$  (*p,p'* DDT),  $5,0 \times 10^4$  (*p,p'* DDE) e  $1,5 \times 10^5$  (*p,p'* DDD), sugerem que estes compostos adsorvem-se fortemente ao solo. O DDT e seus metabólitos são pouco solúveis em água (0,09 a 0,025 mg/L). Desta forma, o transporte destes compostos pode ocorrer pelas águas das chuvas através do material particulado ao qual estão ligados.

O DDT e seus metabólitos, fixados fortemente ao solo, tendem a permanecer nas camadas superficiais, não devendo ser lixiviado para as águas subterrâneas. Isto foi comprovado pelas amostras de água subterrânea coletadas nas proximidades do foco principal, nas quais praticamente não se detectou a presença de DDT e seus metabólitos.

A volatilização do DDT, DDE e DDD é reconhecida como importante forma de perda destes compostos a partir de superfícies de solo e água. A pressão de vapor do DDT e seus metabólitos é muito baixa, variando entre  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  mmHg, indicando que estes compostos

estarão primariamente associados ao material particulado. Isto é significativo, na Cidade dos Meninos, principalmente nos focos secundários da estrada da Camboaba, onde o revolvimento constante do leito contaminado da estrada durante a passagem dos veículos pode criar dispersão e transporte dos resíduos, atingindo as residências em suas proximidades. Este fato ficou comprovado pelas altas concentrações de DDT e seus metabólitos, encontradas nas amostras de poeira domiciliar coletadas em residências da Cidade dos Meninos.

O DDT e seus metabólitos apresentam altos coeficientes de partição água-octanol ( $\text{Log } K_{ow}$  entre 6,0 e 7,0), indicando a tendência destes compostos acumularem-se nas porções lipídicas dos animal. Esta propriedade lipofílica, combinada com uma meia vida extremamente longa é responsável por sua alta bioconcentração em organismos aquáticos (ou seja, os níveis de concentração nos organismos excedem os níveis na água). A contaminação de animais nos elos inferiores resulta numa progressiva biomagnificação do DDT em organismos no topo da cadeia trófica. Biomagnificação é o acumulativo aumento da concentração de um contaminante persistente em sucessivos níveis tróficos superiores da cadeia alimentar. Em muitos casos, os humanos são os últimos consumidores destes organismos contaminados.

### **1.3. Dibenzo-p-dioxinas cloradas**

Durante o transporte na atmosfera, as dibenzodioxinas cloradas (CDD) se distribuem entre a fase vapor e ligada ao particulado. Entretanto, devido à baixa pressão de vapor das CDD, a porção presente na fase vapor é geralmente de menor importância, quando comparada à porção adsorvida pelo material particulado (Paustenbach et al. 1991). Compostos com pressão de vapor  $< 10^{-8}$  mm Hg estarão primariamente associados ao material particulado, enquanto que aqueles com pressão de vapor  $> 10^{-4}$  mm Hg se encontrarão na fase vapor. Compostos com pressão de vapor entre estes dois valores poderão se apresentar nas duas fases (Eisenreich et al., 1981).

As CDDs retidas no material particulado podem ser removidas do ar por deposição úmida ou seca (Hites & Harless, 1991). Adsorção é um importante processo que determina o transporte de compostos hidrófobos, como os resíduos de pesticidas na Cidade dos Meninos. Estes compostos são adsorvidos mais fortemente em solos com maior teor de carbono orgânico (Yousefi & Walters, 1987).

Devido a sua baixa solubilidade em água e baixa pressão de vapor, estes compostos, encontrados abaixo da superfície dos solos (alguns poucos mm) são fortemente adsorvidos e mostram pequena migração vertical, particularmente em solos com alto teor de carbono orgânico (Yanders et al. 1989).

As dibenzodioxinas cloradas pertencem a uma classe de compostos altamente lipofílicos com baixa solubilidade em água e baixa reatividade química, que são resistentes à degradação microbiana. O processo dominante de transformação que provoca sua degradação é a fotólise superficial e a difusão/volatilização na fase gás com subsequente fotólise (Yanders et al., 1989). Os CDDs menos clorados (MCDD e TCDD) são mais rapidamente degradados que seus congêneres mais clorados. Os átomos de cloro em

posições laterais (p.ex: 2,3,7,8) são também mais suscetíveis à fotólise do que os átomos em posição “para” (p.ex: 1,4,6,9) (Hutzinger et al., 1985). Os valores de  $K_{ow}$  destes compostos variam de  $10^4$ , no MCDD, até  $10^{12}$  no OCDD, com valores de  $K_{ow}$  aumentando com o nível de cloração crescente. Estas propriedades determinam sua concentração em tecidos gordurosos de animais da cadeia alimentar.

#### **1.4. Triclorofenóis**

Em solos, devido às características dos triclorofenóis, baixa solubilidade em água e baixa pressão de vapor, a adsorção é um importante processo que determina o transporte dos triclorofenóis, já que estes compostos são fortemente adsorvidos e mostram pequena migração vertical, particularmente em solos com alto teor de carbono orgânico (Yousefi & Walters, 1987).

Compostos com pressão de vapor  $< 10^{-8}$  mm Hg estarão primariamente associados ao material particulado, enquanto que aqueles com pressão de vapor  $> 10^{-4}$  mm Hg se encontrarão na fase vapor. Situando-se com pressão de vapor entre estes dois valores, os triclorofenóis poderão se apresentar nas duas fases (Eisenreich et al., 1981).

O composto 2,4,5 – triclorofenol pode se formar em locais contaminados, como produto de degradação de pesticidas como pentaclorofenol ou 2,4,5- triclorofenol. Quando depositado em solos, o 2,4,5– triclorofenol pode degradar dependendo da temperatura, disponibilidade de oxigênio e da presença de população microbiana adequada. A biodegradação em condições anaeróbicas ocorre bem mais lentamente que em condições aeróbicas. Os metabólitos identificados em condições aeróbicas são 3,5-diclorocatecol, 4-clorocatecol, e clorosuccinatos. A fotomineralização nas superfícies dos solos pode representar um importante mecanismo de eliminação.

Em ambientes aquáticos apresentam bioacumulação significativa em organismos aquáticos e fixam-se fortemente no material particulado suspenso e nos sedimentos. Quando emitido para o ar, 2,4,5-triclorofenol pode reagir com os radicais hidroxilas formados fotoquimicamente ou removidos por precipitação.

## **VII. ROTAS DE EXPOSIÇÃO**

Uma rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação por poluentes. Não é simplesmente um compartimento ambiental (solo, ar, água, etc) ou uma via de exposição (inalação, ingestão, contato); pelo contrário, inclui a todos os elementos que ligam uma fonte de contaminação com a população receptora. A rota de exposição é composta pelos seguintes cinco elementos: fonte de contaminação, compartimento ambiental e mecanismos de transporte, ponto de exposição, via de exposição e população receptora. Estes elementos poderiam ocorrer no presente, no passado ou no futuro.

As diferentes rotas de exposição, mesmo que tenham um mesmo contaminante em comum, podem significar diferentes problemas de saúde. Um compartimento ambiental específico, ou uma via de exposição, podem chegar a ser parte de múltiplas rotas de exposição e mecanismos de transporte diferentes podem dar lugar a que as pessoas se exponham a distintas concentrações dos contaminantes.

## **1. Rotas de exposição completa**

Uma rota de exposição completa é aquela em que seus cinco elementos ligam a fonte de contaminação com a população receptora. Sem importar que a rota seja passada, presente ou futura, em todos os casos em que a rota seja completa, a população será considerada exposta.

### **1.1. Solos**

Até o momento do reconhecimento pelas autoridades da grave situação de risco decorrente da deposição de resíduos pela antiga fábrica de pesticidas, não existiam maiores controles que limitassem o acesso direto de pessoas à área do Foco Principal. A utilização de resíduos como material de capeamento das estradas na Cidade dos Meninos impunha, praticamente, a exposição permanente de todos os residentes que utilizavam as vias de acesso. A estocagem, manuseio e utilização dos resíduos como inseticida nas residências, resultou em solos contaminados em diversos pontos da Cidade dos Meninos. Desta forma, pode-se concluir a existência de uma **rota completa passada de exposição a solos contaminados**.

Mesmo após o reconhecimento da situação de risco, e mesmo após o isolamento da área do Foco Principal, a existência de focos secundários na Estrada da Camboaba e os resultados em amostragens de poeira domiciliar (que representam a deposição de material particulado suspenso de solos contaminados), mesmo em áreas distantes dos focos (DECIT 2001), indicam que continua havendo exposição dos contaminantes de interesse através de solos contaminados. Por esta razão deve-se considerar a existência de uma **rota completa presente de exposição a solos contaminados**.

Pelos razões acima expostas, e enquanto não forem eliminadas as exposições relatadas e realizadas operações seguras de remediação na Cidade dos Meninos, pode-se concluir a existência de uma **rota completa futura de exposição à solos contaminados**.

### **1.2. Alimentos**

As características sócio-econômicas das populações da Cidade dos Meninos, aliadas à grandes áreas propícias à produção de alimentos, indicam que grandes quantidade de alimentos foram e são produzidos pelos residentes da Cidade dos Meninos tanto para consumo próprio, como para comercialização.

Dos alimentos produzidos na Cidade dos Meninos comprovadamente os de origem animal (ovos e leite) apresentam concentrações de contaminantes com risco para a saúde humana.

Neste contexto, deve-se ressaltar que, desde o final das atividades de fabricação dos pesticidas e da deposição irregular dos resíduos até o presente momento, as providências tomadas não foram suficientes para coibir a produção e consumo dos alimentos na Cidade dos Meninos. Desta forma, deve-se admitir a existência de **rotas completas de exposição pelos contaminantes de interesse no passado e no presente.**

É importante notar que, na Cidade dos Meninos, existem grandes criações de animais, principalmente gado leiteiro, cuja produção é comercializada, inclusive, para fora daquela localidade. Caso não sejam tomadas medidas imediatas de proibição, pode-se considerar a persistência de **rota completa de exposição futura por alimentos contaminados.**

## **2. Rotas de exposição potencial**

Uma rota de exposição potencial ocorre quando falta um ou mais dos elementos que constituem uma rota de exposição. Uma rota de exposição potencial indica que um contaminante pode haver ocorrido no passado, que pode ocorrer no presente, ou que poderá ocorrer no futuro.

### **2.1. Água Subterrânea**

Os dados sobre água subterrânea são restritos a área do Foco Principal e a Vila Malária. Os dados não são conclusivos. No entanto, estes dados indicam migração dos contaminantes pelas águas subterrâneas a partir dos focos, como ficou demonstrado através das análises realizadas em amostras de água subterrânea coletadas na Vila Malária.

O longo processo de contaminação há mais de quarenta anos e a existência de 31 poços de captação subterrânea na Cidade dos Meninos, onde não foram realizadas análises que atestem a qualidade de suas águas captadas, indicam a existência de **rotas potenciais de exposição pelos contaminantes de interesse no passado e no presente.**

Caso não sejam tomadas medidas de remediação dos focos de emissão, poderá ocorrer também **rota potencial de exposição futura pela água subterrânea.**

### **2.2. Compartimento atmosférico**

Os dados sobre contaminação dos compartimentos atmosféricos não são conclusivos. Contudo, o levantamento realizado pelo DECIT (2001) através da amostragem de poeira domiciliar em residências indicou que mesmo em áreas distante dos principais focos de emissão dos contaminantes existem teores elevados de pesticidas.

Pelo histórico da contaminação na Cidade dos Meninos, estes dados indicam a existência de **rota de exposição potencial passada, presente e futura** através dos compartimentos atmosféricos.

### 3. Populações expostas

As características dos contaminantes definidos como de interesse para a Cidade dos Meninos sugerem baixa mobilidade de migração para os diversos compartimentos ambientais. No entanto, após a alcalinização da área de deposição dos resíduos, através da tentativa de remediação com cal, observou-se grandes concentrações dos isômeros de HCH (acima de 10 µg/L) nas amostras de água subterrânea coletadas em profundidades de até 4,0 metros nas imediações do foco principal. Isto indica que foram criadas condições para uma lixiviação mais eficiente dos isômeros de HCH.

Isto também implica na possibilidade de migração superficial destes contaminantes, através de arraste das águas de chuva, para as áreas de menor relevo, bem como na migração através das águas subterrâneas na direção do fluxo das águas subterrâneas. Pelos estudos da CETESB (2002), a direção do fluxo de água subterrânea na área do foco principal é norte-sul, em direção ao Rio Capivari. Observa-se, porém, gradientes de contaminação nas direções sudeste e sudoeste.

A contaminação bastante dispersa pela área de Cidade dos Meninos foi causada pelo uso indevido dos resíduos, tanto pelo capeamento da estrada da Camboaba como pela dispersão ativa feita pelos moradores. Conclui-se, então, que a formação dos focos secundários ocorreu mais por essa ação do que pela característica de persistência e baixa mobilidade dos resíduos.

A contaminação das águas subterrâneas na área do foco principal, demonstrada através da amostragem em poços de monitoramento de até 4 metros de profundidade, implicam na necessidade de estudos mais amplos que objetivem determinar a pluma de contaminação nesta área, de estudos similares das águas subterrâneas nos principais focos secundários, bem como da avaliação nas águas de todos os poços existentes na Cidade dos Meninos. Reforçando esta necessidade, as amostras de água subterrânea fora da área do foco principal, coletadas na Vila Malária, apresentaram concentrações dos poluentes acima das normas de referência utilizadas.

Além disso, conforme foi constatado pelo levantamento feito pelo DECIT (2001), os poços geralmente servem a mais de uma residência e são construídos de forma inadequada, carecendo de encamisamento e cinturão sanitário e encontram-se próximos a fossas sépticas. As pessoas expostas ao risco de contaminação, neste caso, são as que consomem, para quaisquer fins, as águas de captação subterrânea na Cidade dos Meninos.

Em função do relevo, a migração superficial dos contaminantes, através do arraste pelas águas das chuvas, indicam que as áreas de pastagem (ao sul, sudeste e sudoeste do foco principal), devem apresentar risco de contaminação da cadeia trófica.

De maneira geral, outros locais da Cidade dos Meninos em decorrência da proximidade dos focos secundários, principalmente aqueles localizados ao longo da Estrada da Camboaba, possuem grande possibilidade de risco de exposição humana, o que pode ser comprovado pelo resultado da análise da poeira domiciliar. As pessoas expostas ao risco de

contaminação, neste caso, são as que consomem os produtos – principalmente de origem animal – produzidos na Cidade dos Meninos.

Os resíduos de pesticidas emitidos para a atmosfera tanto podem se apresentar na fase vapor como no material particulado suspenso. Os grandes volumes de resíduos utilizados no capeamento da estrada da Camboaba – estrada de terra, sem cobertura – são fontes permanentes de emissão de material particulado suspenso, contaminado, em todas as ocasiões da passagem dos veículos, ou durante condições atmosféricas favoráveis (fortes ventos), comuns em toda a área.

A proximidade da maioria das residências da Cidade dos Meninos à Estrada da Camboaba e demais estradas vicinais, implica na contaminação por inalação dos resíduos contidos no material particulado suspenso. A utilização da Estrada da Camboaba pelos residentes da Cidade dos Meninos nos deslocamentos a pé ou na espera dos meios de transporte, representam uma constante via de exposição para a população.

O transporte dos resíduos, tanto na forma de vapor como ligado ao material particulado suspenso também põe em risco os residentes, como ficou demonstrado pelas análises em amostras de poeira domiciliar realizadas pelo DECIT (2001), originando uma preocupante via de exposição.

As pessoas expostas ao risco de contaminação, neste caso, são as que transitam pela Estrada da Camboaba e estradas vicinais, bem como as populações residentes, principalmente nas proximidades destas estradas.

Além da população residente na Cidade dos Meninos, outros grupos também podem ter sido ou estão expostos aos contaminantes, devendo ser avaliadas sob o ponto de vista de saúde, como por exemplo:

- Trabalhadores da antiga fábrica que permaneceram no local e trabalhadores que mudaram para outro local;
- Trabalhadores do Abrigo Cristo Redentor que não moravam no local (professores, serventes, etc);
- Ex-internos do Abrigo Cristo Redentor; e,
- Pessoas que trabalham e outras que transitam no local;
- Pessoas que moram fora, mas consomem alimentos da região (ovos, leite, queijo, manteiga etc).

A tabela a seguir apresenta as rotas de exposição na Cidade dos Meninos.

### Rotas de Exposição na Cidade dos Meninos

ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO						
ROTA NOME	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	TEMPO
Solo superficial	-Foco principal - Focos secundários	Solo Superficial	- Residências, -Estrada da Camboaba, - Áreas de lazer	- Ingestão, - Contato dérmico	- Residentes da Cidade dos Meninos	Passado, Presente e Futuro
Alimentos	-Foco principal - Focos secundários Residências	Alimentos	Residências	Ingestão	- Residentes da Cidade dos Meninos	Passado, Presente e Futuro
Poços de água	-Foco principal - Focos secundários	- Água subterrânea	- Residências	Ingestão, Inalação, Contato	- Residentes da Cidade dos Meninos	Passado, Presente e Futuro
Ar ambiente	-Foco principal - Focos secundários Residências	Ar	- Residências, -Estrada da Camboaba, - Áreas de lazer	Inalação	- Residentes da Cidade dos Meninos	Passado, Presente e Futuro

Fonte: AMBIOS (2002)

## VIII - IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA

Nas seções anteriores caracterizou-se a contaminação ambiental, identificando os contaminantes de interesse e analisando todas as possíveis rotas de exposição humana caracterizando desde os focos de emissão dos diversos contaminantes, todos os caminhos percorridos até atingir a população residente na Cidade dos Meninos, tanto os atuais quanto os futuros e as possibilidades de atingir outras populações. Também em seções anteriores procuramos caracterizar a população residente quanto às preocupações que possuem com relação a contaminação, seus hábitos, suas características sócio-demográficas e econômicas.

### 1. Efeitos tóxicos dos contaminantes de interesse

#### 1.1. Efeito carcinogênico

É importante ter em conta que quando uma substância é considerada carcinogênica deve-se considerar que o câncer pode ocorrer em qualquer lugar do organismo humano. Mesmo que só existam evidências em animais e com altas doses (como na classificação B2 da EPA, por exemplo), e mesmo que em animais o câncer apareça em um único sítio, a IARC recomenda que sejam consideradas todas as possibilidades de câncer (Hallenbeck, 1993).

O hexaclorociclohexano possui isômeros que apresentam toxicidades distintas. A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), considera o isômero alfa um carcinógeno provável (grupo B2), o isômero beta é classificado no grupo C – carcinógeno possível - e o isômero delta é considerado não carcinógeno. A carcinogenicidade do lindano ( $\gamma$ -HCH) está sendo revista pela EPA. O DDT, DDE e DDD e seus isômeros são classificados como carcinogênicos do tipo B2 pela EPA, ou seja, um carcinógeno provável.

Os triclorofenóis são derivados fenóis da família dos clorofenóis. É um dos biocidas de mais amplo uso. O 2,4,6 TCP é classificado pela EPA como carcinógeno provável (B2). A IARC considera o grupo dos clorofenóis como possivelmente carcinogênico para humanos (ATSDR).

As dioxinas também possuem toxicidade diferenciada. A dioxina 2,3,7,8 - TCDD é considerada substância carcinogênica pela IARC (grupo 1) e pela EPA ( grupo B2). O Instituto Nacional de Saúde e Segurança ocupacionais (National Institute of Occupational Safety and Health – NIOSH) a considera como potencial cancerígeno humano.

A estimativa de excesso de risco de câncer é encontrada multiplicando-se os indicadores de potência carcinogênica pela **dose** (em se tratando de fator de inclinação) ou pela **concentração** no ar ou água (risco unitário). A tabela a seguir, mostra o potencial carcinogênico das substâncias de interesse nessa avaliação.

Potência (fator de inclinação ou risco unitário) de câncer por contaminante de interesse.

Contaminante	Fator de potência EPA(1998/1999)	Fonte
$\gamma$ -HCH	$1,8 \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1998)
$\alpha$ -HCH	$6,3 \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1998)
$\beta$ -HCH	$1,8 \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1998)
DDT	$3,4 \times 10^{-1} \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1998)
DDD	$2,4 \times 10^{-1} \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1998)
Triclorofenóis	$1,1 \times 10^{-2} \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1994)
	$3,1 \times 10^{-6} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	Risco unitário de câncer - ar
Dioxinas	$6,2 \times 10^3 \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$	Fator de inclinação EPA(1991)
	$1,8 \times 10^{-1} \text{ (}\mu\text{g/L)}^{-1}$	Risco unitário de câncer – água
	$1,3 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$	Risco unitário de câncer - ar

Fonte: EPA – IRIS (2002)

## 1.2. Efeito não-carcinogênico

### 1.2.1. HCH (isômeros $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - e $\delta$ -)

Efeitos adversos do HCH sobre a saúde humana foram estudados a partir de exposições ocupacionais (fabricação e uso de pesticida) ou uso de lindano no tratamento de escabiose e pediculose ou estimados a partir de estudos toxicológicos em animais. (ATSDR, 1999a).

Os efeitos mais relatados em humanos são: gastrointestinais (diminuição de apetite, vômito, náusea, diarreia); hematológicos (um relato de Coagulação Intravascular Disseminada – suicídio); musculoesqueléticos (convulsões, fraqueza muscular em membros, necrose

muscular esquelética disseminada - lindano a 20%). Em animais foram encontrados os seguintes efeitos: atividade da maltase nas membranas das microvilosidades intestinais inibida com 20 mg/Kg de  $\gamma$ -HCH por mais de 7 dias; diminuição de hemácias, hematócrito e série branca - rato- 22,5 mg/Kg/dia de  $\beta$ -HCH / 13 semanas; diminuição da secção transversal dos ossos em ratos - 20 mg/Kg/dia; dano hepatocelular foi indicado por aumento de aminotransferases séricas, diminuição de enzimas hepáticas solúveis com 72mg/Kg/dia de  $\gamma$ HCH durante 2 semanas; em coelhos (4,21 mg/Kg/dia de lindano 28dias) aumento de Fosfatase Alcalina.

### **1.2.2. DDT DDE e DDD (e isômeros o,p – p,p)**

São pesticidas hidrocarbonados organoclorados que têm como alvo principal de ação no organismo humano o Sistema Nervoso Central. A exposição humana ocorre principalmente através da dieta, via bioacumulação na cadeia alimentar e a partir do leite materno. São achados em amostras de sangue humano, tecido adiposo, leite humano, sangue do cordão umbilical e tecido placentário. As concentrações de DDT no tecido adiposo são 300 vezes maiores que no sangue. A ingestão oral crônica de DDT induz a uma alteração da função do sistema microsomal hepático. No sistema nervoso ele interfere na condução de sódio e potássio através da membrana celular. Via ingestão esses compostos produzem mais freqüentemente os seguintes sintomas: cefaléia, tonteiras, tremores, fadiga, náuseas, vômitos. Em altas doses são capazes de produzir tremores, convulsões, excitabilidade, irritação de membranas mucosas de nariz, garganta e boca.

### **1.2.3. Clorofenóis**

São características dos compostos fenóis: ação anestésica local, depressão do Sistema Nervoso Central e corrosividade ao contato direto. Estudos em animais, também mostram efeitos adversos em fígado e sistema imunológico.

### **1.2.4. Policlorodibenzodioxinas (pcdds) = DIOXINAS**

São contaminantes de outros produtos. São formados a partir de processos químicos envolvendo outras substâncias, principalmente de fenóis clorados. São altamente lipossolúveis e se incorporam aos tecidos ricos em lipídeos de peixes, animais e humanos. Podem contaminar humanos por via inalatória, dérmica e oral. A absorção das dioxinas presentes no leite materno é maior que 95%.

Os principais efeitos adversos produzidos pelas dioxinas são: cloracne (principalmente em crianças); imunossupressão; efeitos sobre a reprodução que inclui aumento de LH e diminuição de testosterona; efeito teratogênico é representado pelo aumento da prevalência de defeitos do tubo neural. Ingesta diária de 2,3,7,8 – TCDD: 0,047 ng/dia Fonte principal: alimento (Sullivan, 2001).

### 1.2.5. Triclorobenzeno

Principais efeitos sobre a saúde humana já reportados são danos hepáticos e hemorragia pulmonar (após inalação intensa).

### 1.2.6. Efeitos não carcinogênicos – indicadores de risco

Conforme dito anteriormente, os Níveis de Risco Mínimo (Minimal Risk Level – MRL) são indicadores que nos darão idéia do perigo que representa para a população a exposição a cada uma dessas substâncias acima descritas. A Dose de Referência (RfD) é o indicador utilizado pela EPA baseado no NOAEL associado aos graus de incerteza correspondendo à extrapolação de animais para humanos e à variabilidade intraespecífica (100 de incerteza). A tabela a seguir mostra o MRL e/ou RfD de cada contaminante de interesse.

Níveis de Risco Mínimo (Minimum Risk Level – MRL) para contaminantes de interesse.

Substância	MRL(ATSDR) AGUDO	MRL(ATSDR) INTERMEDIÁRIO	MRL(ATSDR) CRÔNICO	RfD (EPA) (mg/kg/dia)
<b>α-HCH</b>			Oral-crônico: 0,008mg/kg-dia (100 – incerteza)	
<b>β-HCH</b>	Oral: 0,2mg/kg-dia (100 – incerteza) <sup>1</sup>	Oral: 0,0006 mg/kg-dia (100 x3– incerteza) (LOAEL)		5x10 <sup>-4</sup> mg/kg-dia
<b>γ-HCH</b>	Oral–0,01mg/kg-dia (100 – inc)	Oral –0,00001mg/kg- dia (1000-inc) (LOAEL)		Oral: 3,00x10 <sup>-4</sup> mg/kg-dia (1.000 incerteza)
<b>DDT</b>	Oral <sup>2</sup> 0,0005mg/kg-dia (1000-inc)(LOAEL)	Oral-ntermediário <sup>3</sup> : 0,0005mg/kg-dia (100 inc)		Oral: 5,00x10 <sup>-4</sup> mg/kg-dia (100 incerteza)
<b>2,3,7,8-TCDD</b>	Oral <sup>4</sup> :0,0002μg/kg-dia	2 x 10 <sup>-5</sup> μg/kg-dia <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>-6</sup> μg/kg-dia <sup>6</sup>	ND
<b>TCB</b>				2x10 <sup>-2</sup> mg/kg-dia
<b>2,4,6-TCP</b>	0,01mg/kg-dia- <sup>7</sup> NOAEL	0,003 mg/kg-dia <sup>8</sup> NOAEL		0,1 mg/kg-dia
<b>2,4,5-TCP</b>	0,01mg/kg-dia-NOAEL	0,003 mg/kg-dia NOAEL		0,03 mg/kg-dia

## 2. Cálculo das doses de exposição na Cidade dos Meninos

Para o cálculo das doses de exposição conforme apresentado anteriormente, além dos dados de contaminação ambiental e da divisão da população exposta em faixa etária, são

<sup>2</sup> Desenvolvimento perinatal do sistema nervoso e neurotoxicidade em adultos - ratos

<sup>3</sup> Mudanças histológicas em tecido hepático

<sup>4</sup> Efeitos hematológicos

<sup>5</sup> diminuição do peso do Timo em cobaias

<sup>6</sup> Alteração de comportamento por exposição pré-natal e na lactação

<sup>7</sup> Alterações em fígado

<sup>8</sup> Alterações imunológicas

necessárias estimativas do consumo de alimentos, frequência e duração da exposição, para cada rota completa e potencial.

Foram consideradas duas faixas etárias para o cálculo da dose de exposição, até 11 anos considerando peso corporal médio de 30kg e 12 anos e mais, considerando peso corporal médio de 70 kg.

Todas as normas aqui expressas são baseadas em estudos com animais e que a extrapolação para humanos, e, no nosso caso, uma população específica - a população da Cidade dos Meninos – envolve muitas incertezas. Essas incertezas são de ordem geral, que estão presentes em toda e qualquer extrapolação mas também temos que considerar outras que são específicas para o nosso caso. Em termos do cálculo da dose de exposição a partir dos dados de concentração ambiental, há incertezas envolvidas como o fato de trabalhar com um número limitado de amostras do meio contaminado.

Uma forma de minimizar essa incerteza é tomar o limite superior de concentração de contaminante encontrado nas amostras. Ainda assim, outras incertezas são aquelas que envolvem o consumo de alimentos contaminados na Cidade dos Meninos.

As informações obtidas de consumo da população são marcadas pelo medo de perder o lugar onde moram. Nossa estimativa de consumo baseou-se nas informações de criação de animais (HCH concentra em gordura e em 33% das casas por nós visitadas a família informou que cria galinhas).

Para calcular a ingestão, portanto, foi adotada uma estimativa de consumo de 1 ovo diário e 100 g de leite para adultos (uma média) e 200 g de leite para crianças (um copo). O ideal seria fazer o cálculo de consumo de cada pessoa, mas como isso é impossível, temos que trabalhar com cenários possíveis de exposição. Os alimentos produzidos na Cidade dos Meninos, em diversos estudos (conforme já discutidos anteriormente) mostraram-se contaminados. Entretanto, para o cálculo da exposição consideramos somente o leite e os ovos. Esse, sem dúvida não é o pior dos cenários uma vez que estudos anteriores já mostraram contaminação nas frutas e legumes, sem contar que se leite e ovos estão sem dúvida contaminados e ainda concentrados, na gordura animal, embora não tenha sido quantificada, a concentração deve também ser alta. Considerando que parte significativa da população residente não possui muitas opções de consumo de proteína de origem animal, é possível considerar que o uso da criação doméstica para consumo não seja negligenciável.

Sobre a exposição via absorção dérmica, embora tenhamos utilizado valores padrão internacionalmente aceitos, é importante considerar que na Cidade dos Meninos, conforme pode ser visto no relato das visitas, em seu pior cenário, podem ser vistas crianças brincando quase sem roupa na lama, ingerindo terra em grandes quantidades.

Os cálculos de exposição humana pelo consumo de água contaminada só podem ser considerados como possibilidade uma vez que não existem, até o momento, estudos conclusivos acerca da pluma de contaminação do lençol freático, nem informações confiáveis acerca do consumo de água de poço na região ou da contaminação dos 31 poços existentes na Cidade dos Meninos.

A exposição via respiratória, via inalação de material particulado (poeira em suspensão levantada da estrada com o movimento de pedestres e meios diversos de transporte), é freqüente com o deslocamento, sobretudo de mulheres e crianças na estrada (solo superficial), onde foram identificados focos secundários. Entretanto não foi possível encontrar dados de concentração nesse meio. A tabela a seguir mostra as estimativas de dose de exposição aos contaminantes que entram em contato com o organismo humano, via ingestão, considerando o consumo de ovos e leite acrescido da estimativa de ingestão de solo e poeira contaminados, e via dérmica (contato do corpo humano com o solo e poeira contaminados). Ressalte-se, mais uma vez, que esses cálculos subestimam a exposição da população da cidade dos meninos aos contaminantes de interesse, já que não foram avaliadas as doses de exposição para todos os alimentos produzidos e consumidos na Cidade dos Meninos.

#### **Dose de exposição diária ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )**

<b>Dose diária total</b>	<b>Criança</b>	<b>Adulto</b>
alfa + beta HCH ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )	16,95541	6,936294
alfa + beta + gama + delta HCH ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )	16,99543	6,940593
DDT+DDE+DDD ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )	40,34582	17,67582
2,4,6+2,4,5-triclorofenol ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )	0,246773	0,02651
1,2,4 triclorobenzeno ( $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{dia}$ )	2,486279	1,06563
Dioxinas + furanos (ng TEQ/kg-dia)	0,118303	0,044345

**Fonte:** AMBIOS (2002)

### **3. Excesso de risco de câncer**

Para toda substância carcinogênica, considera-se, que há risco de desenvolver câncer para toda dose diferente de zero. A partir dos estudos com animais é possível inclusive estimar o excesso de risco de câncer e o excesso de casos de câncer para a população residente em Cidade dos Meninos. Para isso utiliza-se modelos matemáticos para proceder a extrapolação dos dados de experimentos com animais em altas doses para estimativas de risco para humanos em baixas doses.

Considerando o cálculo de excesso de risco a partir do fator de inclinação da curva dose resposta para câncer, teremos um excesso de risco de câncer de 0,024 para o conjunto dos contaminantes de interesse. Esse cálculo de excesso de risco total foi obtido somando todos os riscos para os contaminantes individuais, baseado, para cada contaminante no cálculo da dose de exposição para toda a vida.

Tomando o alfa-HCH como exemplo, considerando uma dose estimada de 0,541  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$  até 11 anos e 0.12  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$  dos 12 aos 70 anos (tomando 70 anos como tempo de vida médio), teremos uma dose de exposição estimada, para a vida toda, em 0,188  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$ .

Isso, em linhas gerais significa que o risco de uma pessoa desenvolver câncer devido às substâncias contaminantes na Cidade dos Meninos é de 0,024 ou, em outras palavras, espera-se que, no máximo, 2,4 % da população da Cidade dos Meninos desenvolva câncer

devido à exposição às substâncias contaminantes ou, ainda dito de outra forma, espera-se no máximo, para a população de aproximadamente 1400 habitantes, que 33 pessoas desenvolvam câncer na cidade dos meninos devido à exposição.

A tabela a seguir apresenta o quadro demonstrativo do cálculo do excesso de risco de câncer a partir das doses estimadas de exposição ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dia}$ ) para adultos e crianças na Cidade dos Meninos.

Quadro demonstrativo do cálculo do excesso de risco de câncer a partir das doses estimadas de exposição (adultos e crianças em  $\mu\text{g}/\text{kg}.\text{dia}$ ). Cidade dos Meninos. 2002

Contaminante	Fator de inclinação ( <i>slope factor</i> )	Dose diária total estimada -criança- ( $\mu\text{g}/\text{kg}.\text{dia}$ )	Dose diária total estimada -adulto- ( $\mu\text{g}/\text{kg}.\text{dia}$ )	DE toda a vida ( $\mu\text{g}/\text{kg}.\text{dia}$ )	excesso de risco para toda a vida
$\alpha$ -HCH	6,30	0,541195	0,121970	0,187848	0,001183
$\beta$ -HCH	1,80	16,414220	6,814324	8,322878	0,014981
Soma					0,016165
DDT	0,34	11,482800	5,143280	6,139491	0,002087
DDD	0,24	3,133931	1,625079	1,862184	0,000447
DDE	0,34	25,729090	10,907460	13,236570	0,004500
Soma					0,007035
Triclorofenóis	0,01	0,246773	0,026510	0,061123	6,72E-07
Dioxinas +furanos	6200	0,118303	0,044345	0,055967	0,000347
<b>Excesso de risco total</b>					<b>0,023547</b>

Fonte: Ambios (2002)

#### 4. Efeito não-carcinogênico dos contaminantes de interesse na Cidade dos Meninos

Para avaliação do efeito não-carcinogênico dos contaminantes de interesse na Cidade dos Meninos, tomou-se o Nível onde o Risco é Mínimo (MRL – Minimal Risk Level - ATSDR) baseado no NOAEL para exposição crônica. Tendo o alfa-HCH como exemplo para efeito hepático, para um NOAEL de 0,8mg/kg-dia e fator de incerteza de 100 (10 para extrapolação interespécie e 10 para variações intraespécie) teremos um MRL de 0,008 mg/kg-dia.

Na tabela a seguir são apresentadas as doses de exposição, via oral, para as subpopulações de interesse que superam o MRL. Para considerarmos a pior situação, uma vez que os compostos congêneres, embora tenham graus distintos de toxicidade, apresentam efeitos sinérgicos, é lícito comparar o somatório de todos os isômeros com o MRL de exposição crônica.

Em todas as rotas, (não foi considerada a rota de exposição pelo ar porque os dados de concentração no meio são pouco consistentes, o que não quer dizer que não exista contaminação, apenas não é possível estimá-la para essa rota) conforme foi anteriormente mostrado, a população exposta deve ser considerada a população residente em Cidade dos Meninos, cerca de 1400 pessoas entre homens, mulheres e crianças. Cada uma dessas populações possui especificidades que foram discutidas anteriormente. É importante

ressaltar que as doses estimadas de exposição oral superam o MRL para exposição de curta duração (para o  $\gamma$ -HCH, mas não para o  $\beta$ -HCH), duração intermediária e longa duração (crônica).

Para o DDT, DDD e DDE, também foi utilizado o Nível de Risco Mínimo (MRL – Minimal Risk Level - ATSDR) baseado no NOAEL para exposição intermediária ao DDT. Para um NOAEL de 0,05mg/kg-dia e fator de incerteza de 100 (10 para extrapolação interespecie e 10 para variações intraespecie) teremos um MRL de 0,00005 mg/kg-dia. Para considerarmos a pior situação uma vez que os metabólitos e isômeros embora tenham graus distintos de toxicidade apresentam efeitos sinérgicos, é lícito comparar o somatório de todos os isômeros com o MRL de exposição intermediária.

Doses de exposição, via oral, para as subpopulações de interesse que superam o MRL. Cidade dos Meninos, 2001.

Ingestão total	Rota de exposição	Ingestão por todas rotas	GUIA de saúde para ingestão		Excedida pela dose de exposição estimada	
Contaminante		DE Cr(8)	DE Ad (9)	Valor ( $\mu\text{g}/\text{kg}\text{-dia}$ )	Fonte	
Alfa-HCH	Solo superficial Poeira domiciliar	0,541195	0,121970	8,00	MRL-C	Não
Beta-HCH	Solo superficial Alimentos	16,414220	6,814324	200,00 0,60	MRL-A MRL-I	Não Sim
Gama-HCH	Solo superficial	0,020009	0,002149	10,00 0,01	MRL-A MRL-I	Não Sim/Não
Delta- HCH	Solo superficial	0,020009	0,002149			
$\Sigma$ HCH*	Solo superficial Alimentos Poeira domiciliar	16,995430	6,940593	8,00 10,00 0,01	MRL-A MRL-I MRL-C	Sim/Não Sim/Não Sim
$\Sigma^*$ DDT+DDD+DDE	Solo superficial Alimentos Poeira domiciliar	40,345820	17,675820	0,50 0,50 5,00	MRL-A MRL-I IDA-WHO	Sim Sim Sim
Triclorofenóis	Solo superficial	0,246773	0,02651	10,00 3,00	MRL-A MRL-I	Não Não
Triclorobenzeno	Alimentos Poeira domiciliar	2,486279	1,06563	$2 \times 10^{-5}$	RfD	Sim
Dioxinas	Solo superficial Alimentos	0,118303	0,044345	0,0002 $2 \times 10^{-5}$ $1 \times 10^{-6}$	MRL-A MRL-I MRL-C	Sim Sim Sim

Fonte: Ambios (2002)

\* somatório das concentrações dos contaminantes e os respectivos MRLs encontrados. Essa correspondência mostra a magnitude da exposição em Cidade dos Meninos.

Em todas as rotas, conforme foi anteriormente mostrado, a população exposta deve ser considerada a população residente em Cidade dos Meninos, cerca de 1400 pessoas entre homens, mulheres e crianças. Cada uma dessas populações possui especificidades que foram discutidas anteriormente. O quadro a seguir apresenta o demonstrativo do excesso de risco para efeitos não carcinogênico (DE/Referência) para crianças e adultos na Cidade dos Meninos.

Demonstrativo do excesso de risco para efeitos não carcinogênico (DE/Referência).

Contaminante	Referência (1)	DE/Ref (criança)	DE/Ref (adulto)
Σ HCH*	0,01	1699.5	694.1
Σ* DDT+DDD+DDE	0,5	80.7	35.4
Triclorofenóis	3	0.1	0.0
Triclorobenzeno	2x10 <sup>-5</sup>	124314.0	53281.5
Dioxinas	1x10 <sup>-6</sup>	118303.0	44345.0

**Fonte:** AMBIOS (2002)

(1) – Foram utilizados os MRL derivados de estudos de exposição crônica (maior que um ano).

Chama a atenção que as doses de exposição estimadas para dioxinas ultrapassem em mais de 100.000 vezes o valor de risco mínimo para crianças. As referências utilizadas no quadro acima são as relativas aos experimentos com baixa dose e longa duração (crônicos), os que mais se assemelham a situação vivida na Cidade dos Meninos.

A comparação das doses de exposição, com os MRL agudos e intermediários, tem o sentido de avaliar o perigo que essas substâncias representam, considerando-se exposições de curta e intermediária duração. É um importante parâmetro para se avaliar a necessidade de intervenção urgente. No caso da Cidade dos Meninos, particularmente a exposição ao DDT e dioxinas superam em muito os MRL estabelecidos, sejam agudos, intermediários ou crônicos. Para os isômeros do HCH os MRLs agudo e crônico são superados pela dose de exposição das crianças.

## 5. Avaliação dos efeitos sobre a saúde

O processo de adoecimento é particular de cada pessoa, sendo conseqüente a fatores de caráter coletivo como o meio ambiente, e o contexto social, econômico, histórico e cultural de uma dada sociedade. É também determinado por outros fatores de caráter individual, como o mapa genético de cada um, a herança genética que herdamos de nossos antepassados, o estado nutricional, de desenvolvimento e o grau de maturidade do nosso organismo. A junção destas duas ordens de fatores é que determina a relação entre saúde e doença em uma pessoa, e explica porque alguns adoecem e outros não, quando expostos a substâncias químicas, e porque podem ocorrer patologias diferentes em pessoas expostas ao mesmo composto.

Ao longo deste estudo foram identificados o tipo e o nível de contaminação do ambiente e o seu caminho até a população. Foram identificados os principais compostos químicos contaminantes do ambiente e encontradas rotas de exposição da população de Cidade dos Meninos. A partir do solo superficial, alimentos, poços de água e do ar, estes compostos podem ser absorvidos pelos organismos das pessoas, através da ingestão, contato com a pele ou inalação. Além do principal foco de contaminação foram observados novos focos secundários e uso inadequado dos resíduos fazendo com que a exposição humana às substâncias de interesse atinja a população da área estudada.

Os principais compostos químicos encontrados foram o HCH e seus isômeros, o DDT e seus metabólitos (nos ovos e leite, na água, no solo, e na poeira domiciliar), e dioxinas (nos

ovos e solos). Todos esses compostos poluentes são altamente lipossolúveis, ou seja, são facilmente absorvidos pelo organismo e se concentram nos tecidos adiposos humanos e dos animais. Estas características são importantes porque foram achadas concentrações em alimentos de origem animal (ovos e leite) que são consumidos em razoável proporção pela comunidade. O fato de serem lipossolúveis facilita que sejam absorvidos pelo estômago e principalmente pelo intestino, quando penetram pela via digestiva. Da mesma forma, os resultados encontrados na água e no solo indicam que pode haver absorção pela pele facilitada pelas características lipofílicas destes compostos. Outro fator importante em relação a absorção cutânea é o estado de integridade da pele e a extensão da superfície que entrou em contato com a substância, ou seja, fatores como a presença de feridas, cortes e, principalmente em crianças, os banhos com águas de poços e brincadeiras na terra, potencializando o risco de contaminação.

A exposição através do ar foi avaliada pela dosagem na poeira domiciliar. Esta era uma poeira com características especiais, podendo ser considerada como residual ou de depósito, ou seja, foi coletada em locais onde se acumulam resíduos ao longo do tempo, como atrás de quadros, etc. Embora não nos permita fazer uma análise da dose de exposição, já que não foi medida em volume de ar, não invalida que possamos estabelecer a inalação como uma via de exposição aos compostos. Podemos traçar um paralelo com o desencadeamento dos processos alérgicos pela inalação de poeira acumulada, a qual se constitui em um dos fatores de risco principais pela proliferação de agentes patogênicos. Também no caso destes compostos químicos, que apresentam um grande potencial de fixação, esta poeira acumulada retém importante quantidade deste contaminantes que, quando mobilizados, são absorvidos pelo organismo humano através da via respiratória. Os resultados acima permitem concluir que a população estudada está potencialmente exposta pela via respiratória a estes contaminantes.

Apesar da certeza de estarmos diante de uma população exposta a um risco adicional de dano à saúde, não há possibilidade de estabelecer uma correlação destes dados ambientais com os resultados dos estudos clínico-epidemiológicos realizados no local (MELLO, 1999; BRAGA, 1996; AMBIOS, 2002).

Conforme a literatura internacional, os principais efeitos não cancerígenos destes compostos podem ser observados no fígado e nos sistemas nervoso central e reprodutivo. Segundo BRAGA (1996), estudo realizado pela Fundação Oswaldo Cruz em sete famílias da Cidade dos Meninos, o inquérito médico e as dosagens laboratoriais das enzimas hepáticas, não afastaram a interferência de outros fatores, como o consumo de álcool ou outras drogas, na gênese dos resultados encontrados. No inquérito de saúde, realizado em novembro de 2001 (AMBIOS, 2002), 21% (59/281) das pessoas entrevistadas referiram algum problema de saúde, porém não difere do padrão da população geral. Um dado que chama a atenção foi a taxa de ocorrência de aborto espontâneo em mulheres acima de 12 anos de 31% (28/90), acima das estimativas apontadas de 15% para a população brasileira (REZENDE, 1998). Não encontramos alterações no peso médio de nascimento (3,1Kg) e na média de idade gestacional (8,867 meses) na última gestação. Gostaríamos de ressaltar que estes números precisam ser melhor investigados, já que a aquisição da informação em uma questão como aborto é sempre difícil.

Quanto a classificação de carcinogenicidade dos principais compostos químicos de interesse, o HCH e seus isômeros, DDT e seus metabólitos estão na categoria de “possivelmente carcinogênico para o homem”, já o composto 2,3,7,8 – TCDD (do grupo das dioxinas) é classificado como carcinogênico ao homem. Para as demais dioxinas não existem evidências de carcinogenicidade para o homem. Dois estudos apontaram relatos de casos de câncer sem padrão específico de ocorrência (BRAGA, 1996: 4 casos; AMBIOS, 2002: 4 casos). É importante ressaltar a fragilidade destas informações em estudos do tipo transversal.

A avaliação dos efeitos sobre a saúde da população moradora em Cidade dos Meninos, ocasionados pelos compostos químicos encontrados, é ainda bastante inconclusiva. Não há dúvida quanto ao fato de que estas pessoas foram, e estão sendo, expostas a químicos potencialmente nocivos a sua saúde. Porém, os dados quanto aos agravos à saúde existentes nesta população são poucos, inexatos, e incapazes de fornecer informação que permita o estabelecimento de uma relação causal inequívoca, entre a contaminação pelo agente, e as queixas de saúde referenciadas pela população.

## **IX. DETERMINAÇÃO DE CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O estágio final da metodologia de avaliação de risco à saúde consiste em determinar as conclusões sobre as implicações para a saúde associadas ao local e preparar em paralelo as recomendações. Para tal devem ser completados os seguintes propósitos de uma avaliação de saúde:

- Determinar as implicações para a saúde no local.
- Identificar as ações necessárias para mitigar ou prevenir efeitos adversos na saúde.
- Discutir estas implicações fazendo recomendações para realizar estudos futuros de saúde e ambientais futuros.

### **1. Seleção de categorias de perigos para a saúde pública**

A primeira conclusão que a avaliação de saúde identifica é o nível de perigo que representa um local. Uma avaliação de saúde deve associar ao local uma das seguintes cinco categorias (ATSDR, 1992):

- A. Perigo urgente para a Saúde Pública;
- B. Perigo para a Saúde Pública;
- C. Perigo Indeterminado para a Saúde Pública;
- D. Perigo Não Aparente para a Saúde Pública; e,
- E. Não Há perigo para a Saúde Pública.

## 2. Classificação da categoria de perigo à saúde pública na cidade dos meninos

A disposição inadequada de resíduos perigosos nas proximidades da fábrica de HCH, e o longo tempo de abandono desses contaminantes, levaram à formação de vários focos secundários que contaminaram de forma significativa trechos da estrada da Camboaba. O deslocamento cotidiano da população pela estrada e o consumo de produtos de origem animal (ovos e leite), cuja cadeia alimentar está comprovadamente contaminada, indicam a necessidade de classificar a área de Cidade dos Meninos, *a priori*, nas categorias de perigo A ou B, acima descritas.

A tentativa de remediação com cal misturada aos resíduos do Foco Principal na Cidade dos Meninos, realizada em 1995 pela empresa Nortox, resultou em formação de novos compostos – mais tóxicos – e sua maior migração, atingindo as águas subterrâneas. Afora isto, com o espalhamento da mistura água-solo-cal-resíduos, a área do foco principal de contaminação foi ampliada para cerca de 38 mil m<sup>2</sup>, gerando uma massa de material contaminado de cerca de 29,7 mil toneladas.

Os estudos realizados nos permitem estabelecer, com absoluta certeza, que os residentes da Cidade dos Meninos estiveram, estão e poderão continuar expostos e contaminados pelos compostos definidos como de interesse. Esta certeza advém do estabelecimento, a partir do nosso estudo, de rotas de exposição completas e potenciais, e de informações colhidas junto a outros estudos, onde se encontraram níveis elevados dos compostos químicos no sangue e leite materno de pessoas residentes na Cidade dos Meninos.

Pelas razões acima expostas, segundo os critérios de classificação da metodologia de avaliação de riscos à saúde humana da ATSDR (1992), a situação provocada pelos resíduos perigosos na Cidade dos Meninos deve ser classificada de **LOCAL DE PERIGO A: PERIGO URGENTE PARA A SAÚDE PÚBLICA.**

## 3. Conclusões e recomendações para a saúde pública

Em decorrência desta classificação de **Local de Perigo A - Perigo urgente para a Saúde Pública**, e levando em conta que:

- Parcela da população da Cidade dos Meninos, se utiliza da produção local como fonte de alimentos;
- A principal via da Cidade dos Meninos, a Estrada da Camboaba, apresenta longos seguimentos com focos de emissão dos contaminantes;
- A dispersão dos contaminantes foi comprovada em diversos pontos, inclusive nas residências, mesmos em áreas afastadas dos focos principais de emissão dos poluentes;
- Estudos confirmam a exposição humana aos contaminantes que foram analisados pelo achado de níveis elevados no sangue e leite materno de moradores do local;
- A impossibilidade de medidas de remediação com a presença da população.

**Considera-se necessário o deslocamento da população da Cidade dos Meninos para áreas seguras no que diz respeito à exposição aos contaminantes assinalados como de interesse e as necessárias ações de acompanhamento de saúde da população. Pelos dados de exposição estudados, deve ser também ressaltada a impossibilidade de se adotar medidas de remediação com a presença da população no local.**

#### **4. Recomendações de ações de saúde**

As características do local, da população, do processo de contaminação do ambiente e das pessoas, explicitadas ao longo deste estudo, e levando em conta os critérios propostos pela ATSDR (anexo XIX-3), implicam na seguinte seleção de ações de acompanhamento de saúde:

##### **4.1. Estudos de Indicadores Biológicos de Exposição e de efeito**

###### **4.1.1. Provas biomédicas**

###### **4.1.2. Instalação de um programa de vigilância e assistência à saúde da população da Cidade dos Meninos que contemple os seguintes aspectos:**

- Adequação do Programa de Saúde da Família com treinamento de seus integrantes em saúde ambiental, capacitando-os a: diagnosticar, orientar e prevenir os agravos de origem ambiental, particularmente os efeitos adversos esperados pela contaminação pelas substâncias presentes em abundância no sítio; construir um sistema de informações em saúde a fim de monitorar todos os eventos relacionados a saúde da população da Cidade dos Meninos;
- Realizar controle dos níveis de exposição através de indicadores biológicos: é necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos;
- Estabelecer parcerias do PSF com instituições de saúde e ensino para oferecer assistência especializada e investigações em grupos populacionais específicos, como por exemplo: acompanhamento de gestantes, crianças, vigilância do câncer, investigações aprofundadas que contribuam para elucidação dos mecanismos de ação dos compostos presentes, estudos genéticos e outros que possam contribuir para identificação de grupos mais suscetíveis de desenvolver doenças relacionadas aos compostos de interesse.
- Estabelecer um programa de educação ambiental para a população de sorte que ela possa se apropriar de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.

###### **4.1.3. Ações de monitoramento ambiental**

Além da remoção imediata da população residente na Cidade dos Meninos e seu acompanhamento de saúde, conforme item anterior, é necessário acompanhar a migração ambiental dos contaminantes definidos como de interesse, particularmente as rotas que

incluem lençol freático, ar, águas superficiais para que se possa identificar outras populações sob risco e intervir de forma a minimizar ou excluir tais riscos.

## **5. Observações finais sobre a aplicação da metodologia de avaliação de risco da ATSDR no Brasil**

O processo de industrialização tem gerado em todo mundo, de forma crescente, grandes volumes de resíduos. Em muitos casos, os insumos e produtos finais contêm substâncias com diversas características de periculosidade para o meio ambiente e para a saúde humana.

Diante dos riscos à saúde humana, as autoridades nos países mais industrializados criaram procedimentos de avaliação que, além de dimensionar o risco, assinalam recomendações para eliminação da exposição humana, ações de saúde direcionada às populações expostas, bem como de remediação das fontes de emissão.

Nos EUA, como nos demais países, os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana por resíduos perigosos fazem parte de uma legislação com recursos, poderes e deveres institucionais estabelecidos para cada uma das etapas do processo de reconhecimento do local de risco, avaliação do risco à saúde das populações expostas, medidas de inibição da exposição humana, ações de acompanhamento de saúde destas populações, bem como dos procedimentos de eliminação das fontes emissoras de resíduos perigosos.

Na aplicação da avaliação de risco à saúde humana segundo a metodologia da ATSDR, no relatório final de avaliação, a classificação dos diversos níveis de perigo à saúde humana impõe ações das diversas áreas de governo, antecipadamente estabelecidas. Estas ações são implementadas com recursos de um fundo próprio, criado em 1980 pelo governo federal dos EUA (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act – CERCLA*, também conhecido como *Superfund law*). Estas ações são implementadas independente de quem tenha causado a situação de risco à saúde humana.

No Brasil os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana por resíduos perigosos é uma atividade recente e, diferente do que ocorre nos países onde esta prática já existe desde a década de 80, ainda não existe um arcabouço jurídico-institucional que imponha uma seqüência natural aos resultados dos estudos de avaliação de risco.

Por esta razão, a classificação de perigo assinalada no relatório, bem como as recomendações daí decorrentes, que foram elaboradas seguindo rigorosamente os critérios da metodologia da ATSDR, ou seja, levando em consideração a realidade americana, deve ser avaliada como um instrumental técnico-científico fundamental pelas esferas governamentais responsáveis pela tomada de decisões, mas com a devida adequação a nossa realidade e recursos.