



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 4, año 2008 ISSN 0718-378X
PP

METODOLOGIA EMPREGADA EM UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO NA SAÚDE DA DISPOSIÇÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

METHODOLOGY APPLIED IN A STUDY TO EVALUATE THE HEALTH RISKS
OF SOLID WASTE DISPOSITION

Mônica de Abreu Azevedo
Valdir Schalch
Endereço

ABSTRACT

There are few studies that associate the environmental disposal of solid wastes with public health. To better explain the relationship between the final disposal of urban solid wastes and their influence on public health, this paper presents a methodology applied in a cross-sectional epidemiological study to evaluate the health risk to the population near Bandeirantes Landfill, located in Perus District, in the city of São Paulo, State of São Paulo, Brazil. Bandeirantes Landfill receives approximately 6,000 tons of Class IIA and IIB solid wastes on a daily basis. The landfill covers a total area of 1,400,000 m² and contains approximately 33 million tons of waste. The risks to public health were evaluated among the resident population subject of this study, comprised of 972 children with ages ranging from one to five years old. The area of the study was divided into sectors 500-m distant from the landfill boundaries for determination of exposure conditions. The prevalence of diarrheal and parasitic diseases, longitudinal prevalence of diarrhea and anthropometric indexes were used as health indicators. A survey on the environmental quality was carried out in the area studied in order to correlate the environmental impacts caused by the final disposal to the health indicators used. The methodology applied proved to be appropriate to evaluate the correlations, subject of this work, and may be used in similar studies intended to evaluate the impact of the environmental disposal of solid wastes on public health.

KEY WORDS: Solid Wastes, Landfill, Environmental Exposure, Environmental Epidemiology.

METODOLOGIA EMPREGADA EM UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO DO IMPACTO NA SAÚDE DA DISPOSIÇÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Mônica de Abreu Azevedo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa.

Valdir Schalch

Engenheiro Químico. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC - USP. Instrutor em cursos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Professor Visitante da Universidade de Nebraska, Lincoln - EUA, 1999 a 2000.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Campus Universitário - Viçosa - MG - CEP: 36570-000 - Brasil - Tel.: +55 (31) 3899- 1738; 3899 2740 - FAX: +55 (31) 3899 1482 - e-mail: monica.azevedo@ufv.br

RESUMO

Poucos são os estudos que associam a disposição ambiental de resíduos sólidos urbanos à saúde pública. Com intuito de contribuir para melhor elucidação da relação entre a disposição final dada aos resíduos sólidos urbanos e seu efeito sobre a saúde pública, neste trabalho é apresentada a metodologia empregada em um estudo epidemiológico do tipo transversal desenvolvido para avaliar o risco à saúde da população residente próxima ao Aterro Sanitário Bandeirantes, localizado no Bairro de Perus, na cidade de São Paulo, SP, Brasil. No Aterro Bandeirantes são dispostas diariamente cerca de 6.000 toneladas de resíduos sólidos do tipo Classe IIA e IIB. O aterro ocupa uma área total de 1.400.000m², contendo aproximadamente 33 milhões de toneladas de resíduos dispostos. Os riscos para a saúde pública foram avaliados junto à população de estudo, 972 crianças na faixa etária de 1 a 5 anos incompletos, residentes no bairro. A área de estudo foi dividida em faixas distantes de 500m do limite do aterro, para a definição das condições de exposição. Os indicadores de saúde utilizados foram as prevalências por enfermidades diarreicas e parasitárias, a prevalência longitudinal por diarreia e os índices antropométricos. Na área de estudo, foi realizado um levantamento da qualidade ambiental, com intuito de relacionar os impactos ambientais, ocasionados pela prática de disposição final considerada, aos indicadores de saúde empregados. A metodologia empregada mostrou ser adequada para avaliar as associações pesquisadas, podendo ser empregada em estudos similares de avaliação de impactos sobre a saúde da disposição ambiental de resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Aterro Sanitário, Exposição Ambiental, Epidemiologia Ambiental.

INTRODUÇÃO

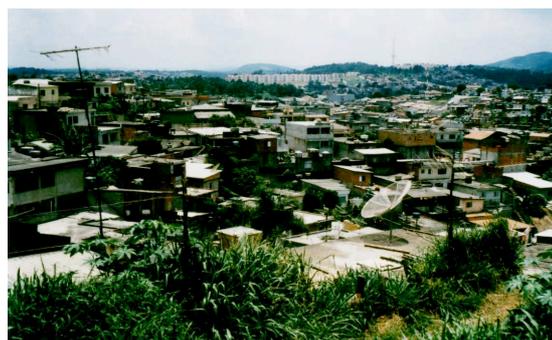
Os resíduos sólidos urbanos, quando dispostos no meio ambiente, causam uma série de impactos, muito dos quais têm conseqüências diretas ou indiretas sobre a saúde pública. O conhecimento dos impactos sobre a saúde ocasionados pela exposição ambiental de resíduos sólidos perigosos tem sido objeto de várias investigações científicas. Contudo, poucos são os estudos que associam a exposição ambiental, relacionada à poluição e à contaminação ambientais ocorrentes nas áreas utilizadas para a disposição final de resíduos sólidos urbanos, aos agravos à saúde da população residente próxima a essas áreas.

Por entender a importância do desenvolvimento de estudos epidemiológicos que busquem avaliar os agravos à saúde, ocasionados pela disposição ambiental dos resíduos sólidos urbanos, o presente trabalho visa à apresentação de uma metodologia desenvolvida e empregada em um estudo realizado por AZEVEDO (2004), que teve o objetivo de avaliar o risco à saúde da população vizinha a um aterro sanitário.

O estudo seguiu um delineamento epidemiológico do tipo transversal e foi desenvolvido no Bairro de Perus, na cidade de São Paulo, SP, vizinho ao Aterro Sanitário Bandeirantes. O Bairro de Perus localiza-se na região noroeste do município de São Paulo e possui, segundo dados censitários de 2000, uma população de 70.715 habitantes e uma taxa de crescimento populacional de 3,88% ao ano (Figura 1).

O Aterro Sanitário Bandeirantes recebe diariamente cerca de 6.000 toneladas de resíduos sólidos do tipo Classe IIA e IIB, segundo classificação da NBR 100004 (ABNT, 2004). O aterro é dividido em cinco sub-aterros, designados por AS-1, AS-2, AS-3, AS-4 e AS-5. Ocupa uma área total de 1.400.000m², contendo aproximadamente 33 milhões de toneladas de resíduos dispostos. O Aterro Sanitário Bandeirantes está em operação desde 1979, recebendo, junto com o Aterro São João, mais de 90% dos resíduos sólidos gerados na cidade de São Paulo. A vazão média anual de chorume do aterro é de 15l/s (Figura 1).

A pesquisa, realizada por AZEVEDO (2004), foi desenvolvida com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, e contou com o apoio da Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, e do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de São Paulo, LIMPURB.



b



c

Figura 1 – Localização do Aterro Sanitário Bandeirantes em relação à cidade de São Paulo, SP (a); vistas parciais do Bairro de Perus (b) e da frente de operação do Aterro Sanitário Bandeirantes (c).

OBJETIVO

Apresentar e discutir a metodologia desenvolvida e empregada em um estudo de avaliação do risco à saúde da população vizinha a uma área de disposição final de resíduos sólidos urbanos, na qual o aterro sanitário foi considerado como cenário de exposição ambiental e as condições de exposição foram estabelecidas em função da distância entre o local de residência da população de estudo e o aterro sanitário investigado.

METODOLOGIA EMPREGADA

Critérios utilizados para a seleção da área de investigação

Pelos critérios estipulados e utilizados para a definição das condições de exposição investigadas, o grupo exposto foi composto pela população residente no entorno do aterro sanitário até a uma distância máxima de 1000m do limite do aterro. Desta forma, a existência de uma ocupação urbana densa e contígua a essa área foi a condição precípua para a seleção da área de investigação. Os critérios básicos utilizados na seleção da área de investigação foram: disposição dos resíduos sólidos gerados no município em aterro sanitário; ocupação urbana densa e consolidada no entorno da área do aterro sanitário; ocupação urbana no entorno do aterro sanitário iniciando no limite da área e ao longo da maior extensão do seu perímetro; população urbana no entorno do aterro sanitário em número compatível à amostra de estudo, definida pelo pré-dimensionamento da amostra; condições socioeconômicas similares para as populações residentes no entorno das áreas a serem investigadas; condições semelhantes de moradia, de saneamento básico e de infraestrutura para a área no entorno do aterro sanitário.

A definição da distância máxima de 1000m, utilizada para a definição das condições de exposição, foi baseada em estudos realizados por BERRY & BOVE (1997), e fixada com o intuito de não perder a especificidade entre a exposição estudada e as doenças pesquisadas. Baseada nesta distância a área de investigação foi classificada em três subáreas, conforme o distanciamento do aterro sanitário. A Tabela 1 apresenta a

classificação das subáreas de investigação, adotada para a definição do grau de exposição ambiental e um resumo do método de estudo epidemiológico empregado por AZEVEDO (2004).

Delineamento epidemiológico adotado

O delineamento epidemiológico adotado na investigação foi um estudo do tipo seccional, também denominado de “estudo transversal” ou “estudo de prevalência”, por meio do qual foram coletados os dados referentes às enfermidades diarréicas e parasitárias e levantados os índices antropométricos. Nesse tipo de estudo os dados referentes à exposição e às doenças pesquisadas são coletados no mesmo momento histórico.

A população de estudo foi composta por crianças na faixa etária de 1 a 5 anos de idade incompletos. Esta foi a faixa etária que apresentou a maior incidência de diarreia durante o ano de 2001, segundo um levantamento efetuado junto ao Distrito de Saúde de Perus. Este levantamento compreendeu a identificação de todos os registros de episódios de diarreia, diagnosticados por meio das consultas médicas atendidas no Distrito e notificados durante as 52 semanas epidemiológicas do ano de 2001 (Figura 2).

As condições de exposição foram definidas em três graus distintos. O grupo dos “não – expostos” (Área SPC) foi considerado como a população residente fora da área considerada de risco, acima de 1.000m do limite do aterro sanitário. Os expostos foram considerados os indivíduos residentes até a distância de 1.000m do aterro sanitário. O grupo de expostos foi dividido em dois (Áreas SPA e SPB), a fim de avaliar se a maior proximidade de residência em relação ao aterro sanitário significava uma maior prevalência dos indicadores de saúde utilizados no estudo.

Tabela 1 – Método de estudo epidemiológico empregado na pesquisa

Área	Distância ao Aterro	Condição de exposição considerada	População de estudo	Indicadores de saúde pesquisados	Condição de saúde encontrada	
SPA	0 a 500 m	Alta exposição	Criança na faixa etária de 1 a 5 anos de idade incompletos	Prevalência por enfermidades diarréicas e parasitárias. Prevalência longitudinal por enfermidades diarréicas. Índices antropométricos	Doente e	Não - doente
SPB	500 a 1000m	Exposição moderada				
SPC	> 1000m	Não exposto				

Para cada grupo definido, foram considerados “doentes”, os indivíduos residentes na área que apresentaram casos de enfermidades diarréicas e de doenças parasitárias cujo ciclo de transmissão ou cuja causa pudessem estar relacionados à disposição de resíduos sólidos urbanos. “Não – doentes” foram os indivíduos, na mesma faixa etária estabelecida para o grupo “doente”, que não apresentaram episódios de diarreia ou de doenças parasitárias.

As enfermidades diarréicas foram determinadas por meio de um estudo seccional, no qual foram levantados os episódios de diarréia ocorridos na população de estudo nas últimas 48h.

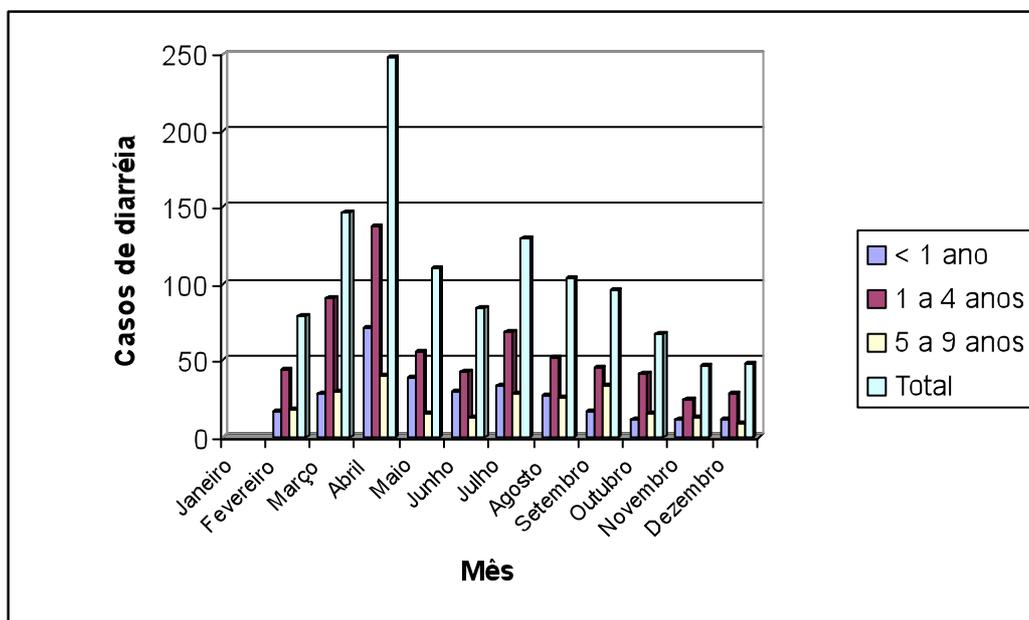


Figura 2 – Distribuição mensal dos casos de diarreia na população infantil do bairro de Perus no ano de 2001

Indicadores de saúde

Os indicadores de saúde adotados foram a prevalência por enfermidades diarréicas, ocorridas na população de estudo, nas últimas 48 h, quando da realização do inquérito domiciliar; a morbidade por parasitoses intestinais, expressa pela prevalência de protozoários (*Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia*, *Chilomastix mesnili*, *Iodamoeba bütschlii*, *Endolimax nana*, *Trichomonas hominis*, *Embadomonas intes*, *Balantidium coli*, *Isospora hominis*, *Isospora belli*) e de helmintos (*Ascaris lumbricoides*, *Trichocephalus trichiurus*, *Ancylostomidae*, *Schistosoma mansoni*, *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, *Taenia sp.*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichostrongylidae*, *Hymenolepis diminuta*); a prevalência longitudinal por enfermidades diarréicas expressa pela proporção de dias com diarreia sobre o total de dias de observação, e o estado nutricional expresso pelos índices antropométricos, escores-z de altura/idade, peso/idade e peso/altura.

Indicadores ambientais

Os indicadores da qualidade ambiental, avaliados em função das faixas de exposição consideradas, foram a população de vetores mecânicos e biológicos (mosca, rato e barata) e os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, referentes à qualidade da água (subterrânea ou fornecida pelo sistema de abastecimento), consumida pela população de estudo.

Dimensionamento da amostra de estudo

Para o **dimensionamento da amostra de estudo**, adequando o valor calculado, preliminarmente e adotado para a seleção da área de investigação, à realidade da população residente na área de estudo selecionada, houve a necessidade do levantamento e da realização de uma pesquisa de dados e informações sobre as prevalências de doenças diarreicas, que resultaram nas informações compiladas no gráfico da Figura 2.

Baseado nos dados levantados e nas informações coletadas, a amostra de estudo foi dimensionada. O cálculo do valor da amostra foi feito considerando a amostragem aleatória simples. Utilizou-se o programa *nQuery Advisor 4.0*, que emprega a fórmula expressa a seguir. Por meio do programa, foram feitas várias simulações, considerando a variação de prevalência de diarreia entre 1 e 3%. Esta faixa de variação para os valores de prevalência de enfermidades diarreicas foi adotada após o cálculo da prevalência para a população de estudo, baseado no levantamento realizado no registro dos dados referentes às enfermidades diarreicas.

As seguintes considerações foram feitas para a realização dos cálculos. Adotou-se o nível de significância de 95%; teste bilateral; precisão de 1%; população infantil, entre 1 a 5 anos de idade incompletos, residentes no bairro de Perus, de 5877 habitantes e prevalência por enfermidades diarreicas de 2,8%. Com estas considerações, obteve-se, para cada uma das situações de exposição pesquisada, uma amostra total de 900 crianças. O valor total da amostra foi dividido equitativamente entre as três áreas de exposição consideradas. Desta forma, em cada faixa de exposição considerada ter-se-iam 300 crianças a serem amostradas.

$$n = \frac{Z_{(1-\alpha/2)}^2 P(1-P)N}{d^2 (N-1) + Z_{(1-\alpha/2)}^2 P(1-p)}$$

Plano de amostragem

A **seleção da população de estudo** foi feita para cada faixa de exposição considerada. A população de estudo, 900 crianças, foi dividida igualmente para as três faixas de exposição, uma vez que a ocupação urbana nessas faixas ocorria de forma similar, não apresentando tendências diferenciadas.

Como as condições de exposição foram definidas mediante critérios geográficos, em função da proximidade da área do Aterro Sanitário Bandeirantes, para a seleção da população de estudo, houve a necessidade do desenvolvimento de uma metodologia para a realização da amostragem em campo.

Para o desenvolvimento e emprego desta metodologia, foram levantadas e identificadas todas as quadras existentes no setor do Bairro de Perus (Setor 187 da cidade de São Paulo). Para cada quadra, foi identificada, junto ao Setor de Cadastro da Administração Regional de Perus - Prefeitura de São Paulo, sua planta cadastral. Nesta planta eram registrados os lotes e as residências existentes na quadra. Foi levantado um total de 216 quadras na área de pesquisa. Para cada quadra, foi contado o número de residências existentes. As quadras, com o número de residências, foram agrupadas em tabelas em função das áreas de exposição consideradas (SPA e SPC). A área SPB, representativa da condição de exposição moderada, não apresentava cadastro junto à Administração Regional de Perus, por constituir-se em uma área de loteamento irregular e em áreas de invasão.

Com os dados levantados foram confeccionadas tabelas para as áreas de exposição SPA e SPC. Essas tabelas continham informações sobre a distribuição do número de

residência por quadra. As informações contidas nessas tabelas foram utilizadas na definição da metodologia de amostragem, por meio da qual foram determinados os números de residências a serem amostrados por quadra e por área de exposição para que a população de estudo fosse atingida e para que fosse obtida uma distribuição aleatória da amostra de estudo em cada faixa de exposição.

Pelo **plano amostral** desenvolvido, foi proposto primeiramente uma Amostragem Estratificada com alocação proporcional ao tamanho dos estratos (as três áreas de exposição consideradas), isto é, ao número de residências contidas em cada área considerada. As justificativas de se ter utilizado a amostragem estratificada são: o aumento da precisão da estimativa global, a necessidade de obter estimativas para diversos segmentos da população e a conveniência administrativa ou operacional da realização da amostragem.

A segunda etapa na metodologia empregada foi fazer uma amostragem por conglomerados (quadras), que baseou no sorteio das residências que seriam pesquisadas dentro de cada quadra de forma proporcional, ou seja, o número de residências a ser amostrado seria proporcional ao número total de residências da quadra sorteada.

Para as áreas de exposição SPA e SPC foi aplicada essa metodologia de conglomerados, enquanto que para a área de exposição SPB, foi proposta uma “Amostragem Sistemática” dos domicílios, uma vez que, pelos dados obtidos da área, não foi possível conhecer a divisão da área em quadras residenciais, por se tratar de uma área de ocupação irregular. Os sorteios foram obtidos via macros implementados no software estatístico *MINITAB for Windows*.

Na Tabela 2 é apresentada a distribuição do número de residências por quadra nas vilas do Bairro de Perus, por faixa de exposição considerada. A Tabela 3 apresenta os pesos calculados em função do número de residências por quadra, para fins de proporcionalidade na amostragem e o número de casas a ser amostrado por faixa de exposição e por vila, no Bairro de Perus.

Os pesos foram obtidos da seguinte maneira:

$$Peso_{hk} = \frac{N_{hk}}{N},$$

onde: h é o índice da faixa. K é o índice da área. N_{hk} é o número total de residências na faixa h . N é o número total de residências. $K = 1,2$; $h = 1,2,3$

O número de crianças a serem amostradas foi calculado por:

$$n_{hk} = Peso_{hk} * 900,$$

onde: n_{kh} é o número de casa a serem amostradas na faixa h .

Tabela 2 – Número de quadras e residências por área de exposição

Área de exposição	Nº de quadras	Nº quadras c/ residências	Número de residências	Número médio de residências por quadra	Desvio-padrão do número médio de residências por quadra
SPA		51	1.577	30,44	21,48
Subárea 1	57	44	1.268	28,34	14,76

Subárea 2	44				
SPB	-		695		
SPC	85	78	2.974	38,13	31,75

Tabela 3 – Total de residências, pesos para fins de proporcionalidade, número de crianças e residências a serem amostradas por área de exposição considerada

Área de exposição	Total de residências	Peso	Nº. de crianças a serem amostradas		Nº. de residências a serem amostradas (*)		Nº. de residências
SPA	2.845			393		197	200
Subárea 1	1577	0,24209395	217,884556	218	109	109	110
Subárea 2	1268	0,19465766	175,191894	175	87,5	88	90
SPB	695	0,10669328	96,0239484	96	48	48	50
SPC	2.974	0,45655511	410,899601	411	205,5	206	210
Total	6.514	1	900	900	450	451	460

(*) Como a média de crianças por domicílio foi estimada baseada nos dados levantados como sendo de aproximadamente duas, o número de crianças a serem amostradas em cada faixa de exposição foi dividido por dois, para se obter o número de residências a serem amostradas.

Baseado no número de residências a ser amostrado por área de exposição e considerando os pesos relativos, referentes ao número de residência existente em cada quadra, foi realizado, por meio de uma rotina de computador desenvolvida especialmente para a pesquisa, um sorteio aleatório das quadras a serem amostradas, bem como foi determinado o número de residências a ser amostrado por quadra.

Os dados referentes à distribuição da população por faixa etária; ao número de domicílios existentes no bairro por faixa de exposição considerada; ao número de famílias com crianças na faixa etária de 1 a 4 anos de idade, e ao número de crianças por família, dentro da faixa etária de estudo, foram levantados junto à Administração Regional de Perus, ao Distrito de Saúde de Perus, à Unidade Básica de Saúde e em creches e escolas locais.

A área SPB não apresentava cadastro junto à Administração Regional de Perus, por constituir-se em uma área de loteamento irregular e em áreas de invasão. Portanto, o número de residências por quadras não era uma informação disponível. Para a amostragem desta área foi utilizada a técnica de amostragem sistemática para o sorteio das residências com o seguinte intervalo de sorteio:

$$\frac{695}{50} = 13,9 \approx 14$$

Assim, após a definição da primeira residência a ser amostrada, o ponto de partida, dever-se-ia saltar 14 residências até que o número total de crianças a ser amostrado nessa área fosse completado.

Protocolo de pesquisa adotado

O protocolo de pesquisa adotado pelo estudo foi:

1. Termo de consentimento informado de participação na pesquisa.
2. Aplicação do *Protocolo de Pesquisa 1* ao adulto responsável, presente no momento da entrevista.
3. Termo de consentimento informado de participação da criança na pesquisa.
4. Termo de autorização para a participação da criança.
5. Aplicação do *Protocolo de Pesquisa 2* à mãe biológica da criança ou pessoa responsável pela criança.
6. Aferição dos dados antropométricos da criança.
7. Coleta do material fecal para os exames parasitológicos de fezes.
8. Aplicação do *Protocolo de Pesquisa 3* à mãe biológica da criança ou pessoa responsável pela criança, durante o período de 17 semanas.
9. Repasse dos resultados dos exames parasitológicos de fezes ao responsável pela criança;
10. Aferição dos dados antropométricos da criança, ao final da pesquisa.
11. Orientação para procura do atendimento médico, junto a Unidade Básica de Saúde de Perus para as crianças, cujos exames de fezes foram positivos.

O protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Adolfo Lutz, da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, onde foram realizados todos os exames parasitológicos de fezes da população de estudo.

Os protocolos de pesquisa, desenvolvidos para a coleta dos dados foram:

- O ***Protocolo de Pesquisa 1*** foi empregado para a coleta dos dados referentes à identificação da habitação; à identificação da pessoa entrevistada; à composição familiar; às condições socioeconômicas; às condições da habitação e esgotamento sanitário; ao abastecimento de água; aos resíduos sólidos domiciliares; à drenagem urbana; aos vetores biológicos e mecânicos e às condições de saúde da família e às condições do peridomicílio.
- O ***Protocolo de Pesquisa 2*** foi utilizado para a coleta específica de informações referentes a cada criança participante do estudo. Por meio deste protocolo foram levantadas informações sobre a história reprodutiva da mãe; o histórico pré e pós natal da criança; as condições de saúde; os hábitos e comportamentos higiênicos da criança; os hábitos alimentares e, levantada a prevalência de enfermidades diarreicas, por meio da informação se a criança apresentou diarreia nas últimas 48 horas, quando da realização do inquérito domiciliar.
- O ***Protocolo de Pesquisa 3***, foi empregado para o registro semanal das doenças diarreicas apresentadas pela criança. Por meio da aplicação deste protocolo de pesquisa foi possível a coleta dos dados referentes à prevalência longitudinal de diarreia, bem como a investigação da natureza dos episódios de diarreia apresentados pela criança.

RESULTADOS

A **população de estudo**, composta por crianças na faixa etária de 1 a 5 anos de idade incompletos, mostrou-se adequada aos métodos de avaliação e aos indicadores de saúde empregados na pesquisa, por ter sido a faixa etária que apresentou maior prevalência de enfermidades diarreicas, segundo levantamento realizado na área de estudo; apresentar maior susceptibilidade às condições ambientais investigadas, por excluírem os possíveis lactantes; e ter sido adequada ao instrumento de aferição do peso adquirido pela pesquisa, com precisão de 200g. Este valor não poderia ser desconsiderado na mensuração do peso das crianças com idade inferior a um ano.

Os **indicadores de saúde** escolhidos são amplamente adotados e recomendados em estudos para avaliação de intervenções em saneamento ou em estudos de avaliação dos impactos do abastecimento de água ou do esgotamento sanitário sobre a saúde pública (BRISCOE et al., 1986; BORJA & MORAES, 2000). Contudo, poucos são os estudos, referidos na bibliografia, que utilizaram esses indicadores para a avaliação dos impactos de resíduos sólidos sobre a saúde humana. Nenhum estudo que pesquisasse os efeitos da disposição ambiental dos resíduos sólidos urbanos sobre a saúde da população, utilizando esses indicadores, foi encontrado na revisão da literatura, ressaltando-se, desta forma, o caráter inédito da metodologia ora empregada e a importância da realização deste estudo para a elucidação dos efeitos sobre a saúde ocasionados pela disposição ambiental de resíduos sólidos urbanos. A ocorrência de diarreia na população de estudo foi estatisticamente diferente para as três áreas de estudo consideradas.

Ao se analisar os **indicadores da qualidade ambiental** nas três áreas de exposição consideradas, verifica-se uma maior frequência de ocorrência de vetores mecânicos e biológicos, quanto maior a proximidade da residência ao aterro sanitário. As frequências de ocorrência de moscas e baratas foram maiores na Vila Recanto Paraíso, cuja localização se encontra mais próxima à frente de operação do aterro sanitário, na área do sub-aterro AS-5. A frequência de ocorrência dos vetores na comparação das três áreas de estudo foi estatisticamente diferente para os três vetores considerados (mosca, rato e barata).

As amostras de monitorização da qualidade da água, coletadas na área de estudo, apresentaram em todos os pontos amostrados uma concentração de alumínio e bário bem acima dos limites estipulados pela Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde, em vigor na época do estudo. Alguns pontos de amostragem da água, situados a uma distância máxima de 500m do aterro sanitário, apresentaram alteração da qualidade da água, quando comparados aos limites preconizados pela referida Portaria.

O **plano de amostragem** desenvolvido, primeiramente, pelo estudo foi uma amostragem estratificada com alocação proporcional ao tamanho dos estratos. Isto é, ao número de residências contidas em cada área de exposição considerada. Com este plano, foi determinado para cada área de exposição o número de crianças a ser amostrado para que o valor da amostra de estudo (900 crianças) fosse alcançado. Por esta metodologia, ter-se-ia um valor de amostra diferente para cada uma das três áreas de exposição. Como, os mapas cadastrais, utilizados para a definição da metodologia de amostragem, não faziam distinção entre os imóveis residenciais e comerciais. Quadras consideradas como de ocupação residencial, dependendo da localização na área, eram de atividade exclusivamente comercial. Desta forma, houve a necessidade de adequação do plano amostral desenvolvida à realidade encontrada na área de estudo, como também, à viabilidade operacional da amostragem em campo. Assim sendo, a amostra de estudo foi dividida de forma equânime entre as três áreas de exposição pesquisada. Em cada área de estudo foram amostradas 300 crianças e cada entrevistadora ficou responsável pela execução do protocolo de pesquisa em 150 crianças.

A Figura 2 apresenta as quadras sorteadas para efeito de amostragem nas áreas SPA e SPC. Na Figura 3 são apresentadas as quadras na área de estudo que tiveram pelo menos uma criança participando do estudo. As áreas nas cores rosa e azul, identificadas na legenda da Figura 3 como Recanto dos Humildes e Recanto Paraíso, referem-se a área de exposição SPB, que teve uma amostragem do tipo sistêmica. Pela análise das figuras, observa-se uma coerência relativamente grande entre a metodologia de amostragem proposta e a amostragem efetivamente realizada em campo.

CONCLUSÕES

Pela análise dos indicadores da qualidade ambiental da área no entorno do aterro sanitário, foi constatada uma alteração da qualidade ambiental maior na área de exposição situada até a distância de 500m do aterro e um gradiente decrescente para as áreas situadas às distâncias de 500 a 1000m e acima de 1000m do aterro sanitário. Esses resultados demonstram ser adequada a adoção de critérios para o uso e ocupação do solo em áreas situadas no entorno de aterros sanitários. A ocupação humana até a distância de 500m do aterro deveria ser evitada por meio da proibição do parcelamento do solo. Preferencialmente, a ocupação humana no entorno de um aterro sanitário deveria iniciar-se a partir de uma distância de 1000m do limite da área.

Em relação à metodologia apresentada no presente trabalho, pode-se concluir que ela se mostrou adequada para avaliar as associações pesquisadas, podendo ser empregada em estudos similares de avaliação de impactos sobre a saúde da disposição ambiental de resíduos sólidos. O uso do georreferenciamento dos dados obtidas nas pesquisas com este tipo de associação pesquisada, onde a localização geográfica significa um fator de risco à saúde, deve ser sempre que possível adotado.

Espera-se que o presente trabalho possa servir como uma contribuição para o desenvolvimento de futuras pesquisas que busquem elucidar a complexa relação existente entre os resíduos sólidos, os impactos ambientais resultantes de sua disposição ambiental e seus efeitos sobre a saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 10004**: Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. AZEVEDO, M. A. Avaliação do Risco à Saúde da População Vizinha às Áreas de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos: O Aterro Sanitário como Cenário de Exposição Ambiental. São Carlos, 2004. 263p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
3. BERRY, M. & BOVE, F. Birth weight reduction associated with residence near a hazardous waste landfill. *Environmental Health Perspectives*, 105 (8): 856 – 861, 1997.
4. BORJA, P. C. & MORAES, L. R. S. Indicadores de saúde ambiental – saneamento em políticas públicas: análise crítica e proposta. In: 27º Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Porto Alegre, 2000, Anais eletrônico... Rio de Janeiro: ABES, 2000. 17 p.
5. BRISCOE, J., FEACHEM, R. G. & RAHAMAN, M. M. Evaluating health impact: water supply, sanitation and hygiene education. Ottawa: International Development Research Centre, 1986. 80 p.

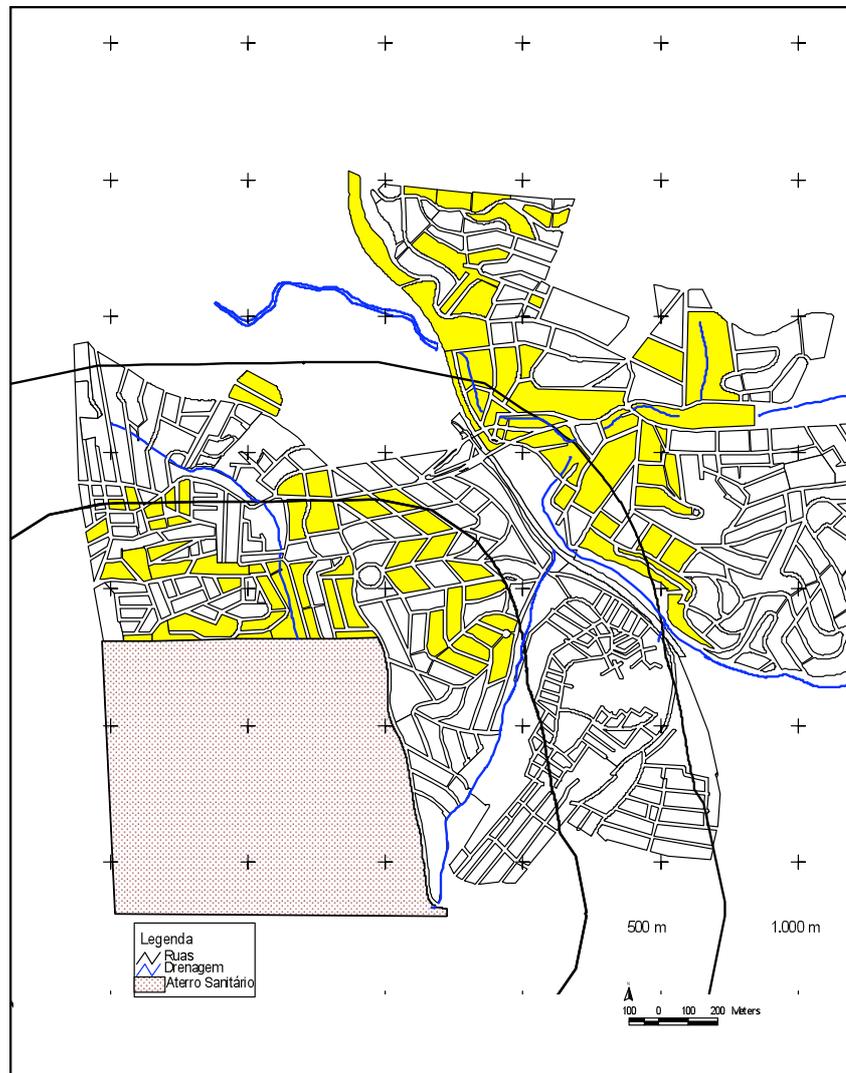


Figura 3 – Quadras sorteadas para amostragem na área de estudo.

Figura 2 -

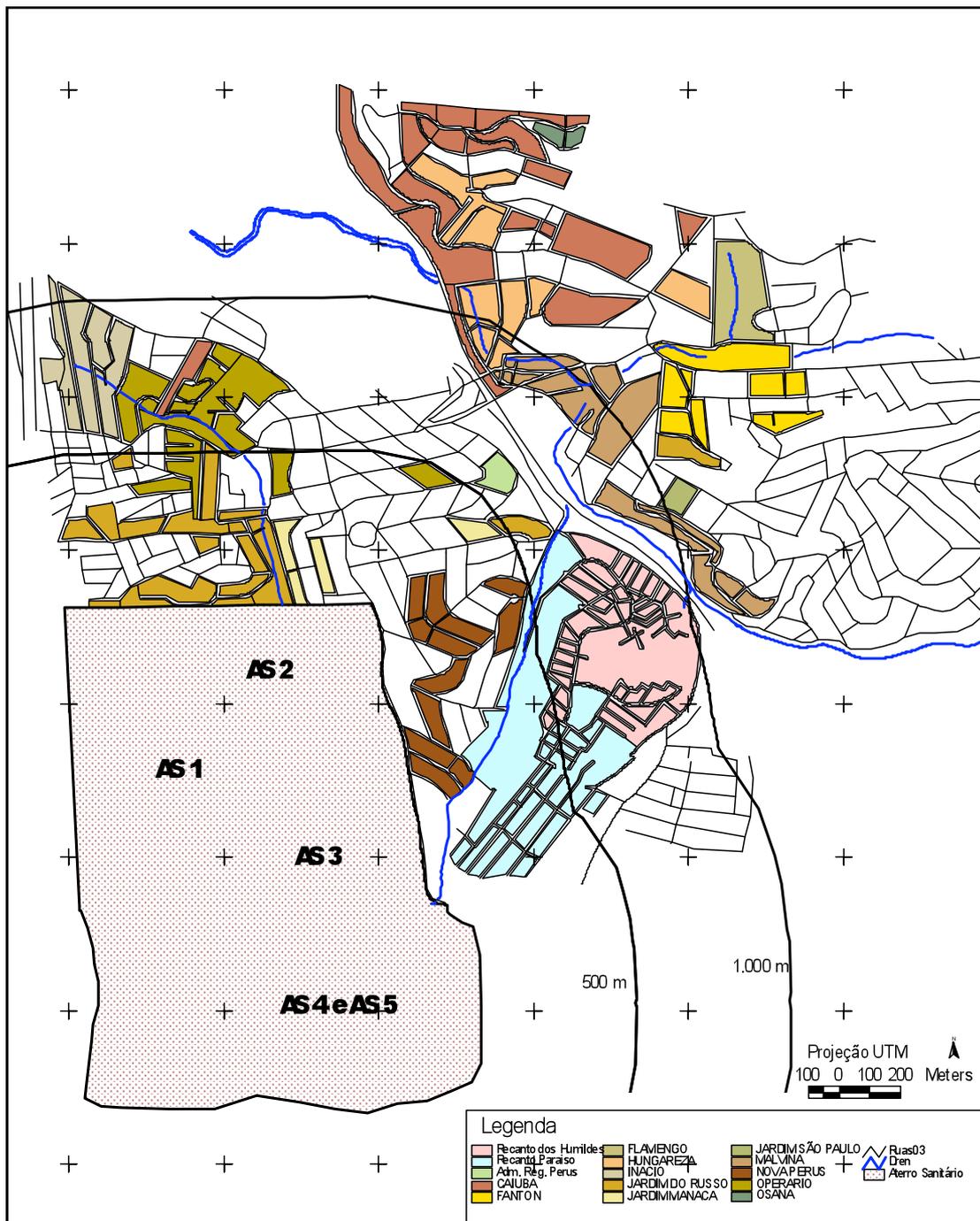


Figura 4 – Quadras amostradas na área de estudo.