

4255780=omy

SANTIAGO, CHILE, 7 al 11 de NOVIEMBRE de 1994

## A PROBLEMÁTICA DO LIXO URBANO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - O LIXÃO DO ALVARENGA E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

PACHECO, A.; ESPÍNDOLA, R.S.; BATELLO, E.R.; MENDES, J.M.B.; DEHAINI, J. Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS), Instituto de Geociências / USP. Brasil

### RESUMO

Este trabalho discute os impactos causados pelo Lixão do Alvarenga (Região Metropolitana de São Paulo, Brasil) no meio ambiente, particularmente nas águas subterrâneas, das quais depende uma população de baixa renda que não possui saneamento básico e é obrigada a perfurar poços, cuja água é utilizada para todos os fins.

São mostrados os resultados de análises bacteriológicas da água de alguns dos 47 poços cadastrados, bem como em amostras de chorume proveniente do próprio lixo, e análises químicas dos principais cátions (Na, K, Ca, Mg) e um grupo de metais pesados (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb).

Os levantamentos geofísicos realizados (método eletromagnético indutivo) contribuíram para delimitar a área de maior influência do lixão, localizado em zona de recarga do aquífero freático formado pelo espesso horizonte de rochas pré-cambrianas intemperizadas.

### ABSTRACT

This paper discuss the impacts related by Landfill of Alvarenga (São Paulo Metropolitan area - Brazil) in environmental specially in groundwater, that which depend a low rent population who doesn't own basic sanitation and is compelled to drill wells, whose water is utilizable by all aim.

Are showed the results of bacteriological analysis of water of some of the 47 cadastred wells, as sampler of leachate arising to waste, and chemical analysis of main cations (Na, K, Ca, Mg) and heavy metals group (Fe, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb).

The geophysical surveys done (eletromagnetic induction method) have been contribute to delimit the area of major influence of landfill, placed on recharge zone of freature aquifer in the thick mantle of weathered precambrian rocks.

## **INTRODUÇÃO**

A disposição final de resíduos sólidos é um grande problema existente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), composta por 39 municípios e uma população aproximada de 16 milhões de habitantes, onde são geradas diariamente 20 mil toneladas de lixo, das quais, aproximadamente, 35% são destinados a lixões. Segundo a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo - EEMPLASA (1992), existem na região 26 áreas onde o lixo é despejado a céu aberto, muitas situadas em área de proteção de mananciais.

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos gerados pelo Lixão do Alvarenga no meio físico, particularmente nas águas subterrâneas, e os aspectos sanitários relacionados à comunidade que direta ou indiretamente recebe sua influência.

## **LOCALIZAÇÃO**

A área investigada situa-se na sub-região Sudeste da RMSP - Estado de São Paulo, Brasil, nos domínios da Bacia Hidrográfica Billings (porção oeste), muito próxima à represa e no Município de São Bernardo do Campo (vide Fig.1). É limitada pelos paralelos 23°44'30,5" e 23°44'22,5" e meridianos 46°36'30" e 46°37'05".

## **CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS**

A geologia da RMSP foi estudada ao longo do tempo por sucessivos autores. Posteriormente, a EEMPLASA elaborou o MAPA GEOLÓGICO DA GRANDE SÃO PAULO (1980), na escala de 1:100.000. A região é constituída por sedimentos aluvionares recentes, sedimentos terciários da Bacia de São Paulo e pelo embasamento Pré-Cambriano. Na área do Lixão do Alvarenga ocorre muscovita-quartzo-biotita-xisto feldspático de textura grossa, pertencente ao Complexo Cristalino (vide Fig.1). O grau de alteração da rocha é intenso em toda área, resultado das reações intempéricas que se processam (hidrólise), aflorando somente a rocha alterada (alterita) e horizontes de solo.

O lixão encontra-se numa área topograficamente elevada, num divisor de águas. O fluxo hidráulico acompanha a variação topográfica, sendo a Represa Billings o nível referencial de base. Trata-se de um aquífero livre ou freático, homogêneo e anisotrópico, com área de recarga coincidente com o lugar onde está situado o lixão. O nível d'água em sua vertente norte (Município de Diadema) varia de 1 até 24 metros de profundidade em relação à superfície do terreno.

## **CARACTERÍSTICAS DO LIXÃO DO ALVARENGA**

A partir do ano de 1974, os municípios de São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo e Diadema escolheram a área para depositar os seus resíduos sólidos urbanos. A escolha não se baseou em nenhum critério técnico. No segundo semestre do ano de 1986, o Lixão do Alvarenga foi paralisado por decisão judicial, pois os proprietários do terreno solicitaram a posse da área, sendo que, cada um dos três municípios que lá dispunham seu lixo passaram a buscar novas e individuais alternativas. Pouco tempo depois, houve uma renegociação entre o Município

de Diadema e os proprietários da área, fazendo com que este município retornasse a dispor seus resíduos no lixão, o que ocorre até os dias de hoje.

O Lixão do Alvarenga tem uma área aproximada de 290.000 m<sup>2</sup>, dos quais, 120.000 m<sup>2</sup> são utilizados pelo Município de Diadema para a recepção de seu lixo urbano, 53.637,4 toneladas em 1993, segundo a prefeitura municipal. Tecnicamente é um aterro do tipo controlado. O restante da área é dominado por particulares, não havendo controle algum do tipo e da quantidade de lixo recebido - há inclusive evidências da disposição de lixo industrial tóxico e hospitalar (Fig.2). Cabe salientar, que o lixão encontra-se dentro da Área de Proteção de Mananciais da Grande São Paulo.

No Lixão do Alvarenga existe uma comunidade de algumas dezenas de pessoas que vivem exclusivamente em função do lixo. São catadores que sobrevivem da venda para intermediários de materiais recicláveis, como metal, vidro, papel / papelão e plástico. Estas pessoas, conhecidas como "formigas", moram em barracos rudimentares, muitas vezes construídos sobre o próprio lixo, sendo que grande parte do alimento que consomem provém do próprio lixão.

## POPULAÇÃO E SANEAMENTO BÁSICO

Nas proximidades do Lixão do Alvarenga, reside uma população de baixa renda que não possui saneamento básico e é obrigada a perfurar poços para o abastecimento d'água. Foram cadastrados 47 poços cuja água é utilizada para todos os fins. A Tabela 1 mostra as características destes poços, cuja localização pode ser observada na Fig.2. Além do lixão, outras fontes pontuais de poluição existem, porém em menor escala. São fossas utilizadas pela maioria das famílias que residem neste local, algumas delas, fossas negras, que estão em contato direto com o lençol freático.

Tabela 1: Características dos poços adjacentes ao Lixão do Alvarenga

Nº POÇO	PROFUNDIDADE (metros)	NÍVEL D'ÁGUA (metros)	DIÂMETRO (metros)	FORMA DE CAPTAÇÃO	IDADE (anos)
P01	14	12,60	1,05	balde	1,7
P02	12	9,90	1,08	balde	2
P03	12	9,50	1,00	balde	5,5
P04	11	10,30	1,40	balde	5,5
P05	13	8,60	1,00	balde	2,5
P06	13	10,20	1,00	bomba	1
P07	2	1,00	1,30	balde	10,5
P08	12,5	11,00	0,90	balde	1
P09	8	7,20	1,25	balde	2,5
P10	10	5,50	1,00	bomba	6,5
P11	16	14,20	1,50	bomba	2
P12	18	17,30	1,05	bomba	3,5
P13	25	18,10	1,20	balde	3,5
P14	18	12,50	1,30	balde	3,5
P15	13	12,00	1,10	balde	8,5

(continua)

Tabela 1: Características dos poços adjacentes ao Lixão do Alvarenga (continuação)

P16	não há dados	3,20	1,12	balde	4,5
P17	4	3,50	1,00	balde	1,5
P18	não há dados	5,90	1,40	bomba	não há dados
P19	12	8,40	1,20	balde	não há dados
P20	8	5,40	1,20	balde	7,5
P21	8,5	4,60	1,20	bomba	6,5
P22	10	7,60	1,40	bomba	7,5
P23	4	2,60	1,10	balde	5,5
P24	não há dados	14,60	1,05	balde	não há dados
P25	0,8	0,50	0,90	balde	7,5
P26	12	11,50	1,60	balde	7,5
P27	6	2,90	1,00	balde	não há dados
P28	8	5,50	1,20	bomba	4,5
P29	9,5	8,00	1,70	balde	2,0
P30	12,5	11,00	1,30	balde	0,7
P31	12,5	11,50	1,50	bomba	2,5
P32	11	6,30	1,60	balda	3,5
P33*	-----	-----	-----	-----	-----
P34*	-----	-----	-----	-----	-----
P35*	-----	-----	-----	-----	-----
P36	14	12,00	1,15	bomba	3,5
P37*	-----	-----	-----	-----	-----
P38	25	23,80	1,10	bomba	4,5
P39	18	16,50	1,10	bomba	2,5
P40	20	12,70	1,05	bomba	2
P41	16	13,70	1,05	balde	2,5
P42*	-----	-----	-----	-----	-----
P43*	-----	-----	-----	-----	-----
P44	11	7,10	1,05	bomba	3,5
P45	11	8,50	1,05	bomba	1,1
P46	12	12,20	1,00	bomba	0,6

\* poço desativado

## IMPACTOS AMBIENTAIS

A degradação do meio físico é notória: a poluição do ar é percebida pelo forte mau cheiro, resultado da emissão dos produtos gasosos gerados na decomposição do lixo; a poluição do solo é devida à alteração de suas características originais, como estrutura, composição, grau de compactação, teor de umidade e permeabilidade; a poluição das águas superficiais e subterrâneas é devida à variação das características físico-químicas e, principalmente, pela presença de microorganismos patogênicos que podem ser evidenciados pela alta concentração de coliformes fecais e totais.

Além disso, o lixo encerra uma grande comunidade de espécies, pois, segundo LIMA (1991), contém alto teor energético e oferece disponibilidade simultânea de água, alimento

e abrigo. Tais espécies são classificadas como macrovetores (ratos, baratas, moscas, cães e o próprio homem) e microvetores (bactérias, fungos e vírus).

A Tabela 2 mostra o resultado de análises bacteriológicas realizadas em amostras de água de 7 poços e em uma amostra de chorume proveniente diretamente do lixo.

**Tabela 2:** Análise bacteriológica em amostras de água de poços e chorume

AMOSTRA	COLIFORMES TOTAIS (NMP / 100 ml)	COLIFORMES FECALIS (NMP / 100 ml)
P10	300	300
P18	$130 \times 10^2$	$80 \times 10^2$
P21	$1,7 \times 10^3$	$5 \times 10^2$
P23	40	20
P27	$>1,6 \times 10^4$	$9 \times 10^3$
P29	$1,4 \times 10^3$	$7 \times 10^2$
P47	80	80
chorume	$80 \times 10^4$	$80 \times 10^4$

NMP - Número mais provável

A concentração elevada de coliformes totais e fecais caracteriza a não potabilidade da água dos poços, variando da ordem de centenas a milhares de organismos para um volume de 100 ml de água. A variação na concentração dos microorganismos pode ser uma consequência da influência do lixão, mas também resultado do mau uso das captações pelos usuários. Enquanto alguns poços são relativamente bem construídos e conservados, com lajes de vedação e sem a manipulação direta da água (utilização de bombas), a maioria não apresenta condições satisfatórias de higiene, com vedação precária e retirada de água por meio de balde.

A existência de grande quantidade de fossas nesta região, em geral localizadas próximas aos poços, também pode contribuir para a degradação da qualidade da água subterrânea.

A Tabela 3 mostra o resultado de análises químicas realizadas em amostras de água de 10 poços, além de amostras de água coletadas em 5 pontos no córrego próximo ao lixão (vide Fig.2). Foram considerados os cátions maiores (sódio, potássio, cálcio e magnésio) e alguns metais pesados, como o ferro, zinco e cobre.

**Tabela 3:** Análise química da água de poços e do córrego próximo ao lixão

AMOSTRA	Na (ppm)	k (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
P10	24,0	5,4	9,1	2,9	0,04	0,13	0,07
P18	6,5	1,9	9,1	2,1	0,03	0,08	0,03
P22	5,1	0,9	0,5	0,8	0,05	0,05	0,03
P23	167,5	45,0	4,8	5,0	0,08	0,07	0,03
P27	11,0	0,8	4,1	0,5	0,72	0,06	0,03
P29	10,2	1,5	5,8	2,5	0,07	0,05	0,03
P36	1,5	1,3	1,2	0,6	0,25	0,05	0,03
P45	2,5	0,3	0,3	0,1	0,19	0,05	0,03
P47	13,0	16,5	25,8	5,0	3,54	0,05	0,03
P06	3,8	0,8	2,0	0,2	0,04	0,05	0,03

(continua)

**Tabela 3:** Análise química da água de poços e do córrego próximo ao lixão (continuação)

C1	22,5	35,0	9,5	6,0	5,30	0,05	0,04
C2	3,9	1,7	1,6	1,4	0,60	0,04	0,03
C3	10,5	10,0	4,8	3,0	2,45	0,05	0,04
C4	14,0	6,6	19,4	3,8	2,50	0,01	<0,01
C5	28,0	8,5	7,5	3,3	0,64	0,06	0,04

Os valores encontrados nas amostras de água estão abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria 36, de 19.01.90, do Ministério da Saúde. Cabe referir que também foram analisados níquel e cromo (<0,05 ppm) e chumbo (0,1 ppm), cujos valores ficaram abaixo do limite de detecção do equipamento.

## LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS

No estudo de impactos causados pela disposição inadequada de resíduos no solo, vários métodos geofísicos de prospecção podem ser aplicados. Geralmente os mais utilizados são os tradicionais e já consagrados métodos da eletrorresistividade e eletromagnético indutivo, visto que eles medem propriedades físicas diretamente afetadas: a resistividade e condutividade elétricas.

Com o objetivo de mapear a influência do lixão na qualidade das águas subterrâneas na área de estudo, foi executado um levantamento de dados geofísicos que envolvem a aplicação do método ELETROMAGNÉTICO INDUTIVO.

O princípio do método baseia-se em induzir correntes elétricas no solo através de um campo eletromagnético criado por uma bobina transmissora. A corrente induzida depende da condutividade do solo e tem seu efeito medido em uma bobina receptora ligada à primeira por um cabo de referência.

A profundidade de investigação é função da posição e espaçamento entre as bobinas. Com o eixo das bobinas na horizontal, a condutividade medida corresponde a uma profundidade em torno de 0,75 vezes a distância entre elas e 1,5 vezes no caso do eixo vertical. É uma medida de condutividade global, sendo uma resposta cumulativa de cada parcela do solo partindo da superfície até a profundidade de alcance do equipamento.

O procedimento de medida mais utilizado é o caminhamento eletromagnético, onde as medidas são feitas com arranjos fixos de bobinas, ao longo de perfis pré-determinados no terreno. Deste modo as anomalias condutoras podem ser associadas a variações laterais provocadas por contatos litológicos, variações faciológicas, plumas de poluição e outras heterogeneidades do sub-solo. O equipamento utilizado foi o EM-34/3 da GEONICS LIMITED, com seus acessórios.

Como parte da campanha geofísica foram executadas 2300 metros de caminhamento eletromagnético. Os pontos investigados estão assinalados na Fig.3. O caminhamento eletromagnético foi distribuído ao longo de 6 perfis, com pontos de medida a cada 10 metros, primeiramente, sendo que, devido às observações dos valores que mantinham uma certa homogeneidade, foram feitas medidas a cada 20 metros e os dados foram interpolados.

As medidas de condutividade foram feitas com quatro diferentes arranjos de bobinas o que equivale dizer a quatro diferentes profundidades de investigação. No equipamento utilizado, EM-34, as bobinas podem variar a distância entre si conforme cabo de referência utilizado, podendo ser este último de 10, 20 ou 40 metros. No levantamento deste trabalho foi utilizado o cabo de 10 e 20 metros em todos os perfis. Com os eixos das bobinas na posição horizontal (EM-34/10m-H) os materiais investigados estão situados numa profundidade até 7,5 metros, teoricamente. Com os eixos na vertical (EM-34/10m-V) a profundidade de investigação se estende até 15 metros, aproximadamente. Para os arranjos EM-34/20m-H e EM-34/20m-V, atinge-se teoricamente as profundidades 15 e 30 metros, respectivamente.

Os resultados do caminhamento estão apresentados individualmente na Fig.4, na forma de perfis de condutividade aparente, admitindo apenas uma interpretação qualitativa.

Admitindo-se que o lixo enterrado produza chorume e este contamine as águas subterrâneas do local, estas apresentariam uma condutividade maior que o normal (*background*) e, anomalias positivas ou condutoras, poderiam corresponder à contaminação das águas subterrâneas.

Nos trechos 250-600 do P-I e 0-200 do P-III pode ser observado um aumento dos valores de condutividade, provavelmente devido à maior contaminação das águas subterrâneas. Na região onde foi realizado o perfil P-III, comumente se encontra chorume nas valas que acompanham a rua. É o local mais afetado pelo lixão devido sua configuração topográfica, que coincide com a direção principal de fluxo d'água e apresenta caráter convergente.

Analisando-se conjuntamente as Figuras 3 e 4, observa-se que os perfis P-II, P-IV, P-V e trechos 800-900 do P-I e 70-140 do P-VI, apesar de estarem próximos da fonte poluidora, aparentemente não apresentam anomalias geofísicas, talvez devido à qualidade do poluente ser de caráter principalmente orgânico.

No trecho 0-70 do P-VI pode-se observar anomalias devido a influência superficial (fios de alta tensão), observada em campo

## **CÓNCLUSÃO**

O Lixão do Alvarenga, localizado em área de proteção de mananciais, parece ser uma das fontes responsáveis pela degradação ambiental local, em especial, das águas subterrâneas.

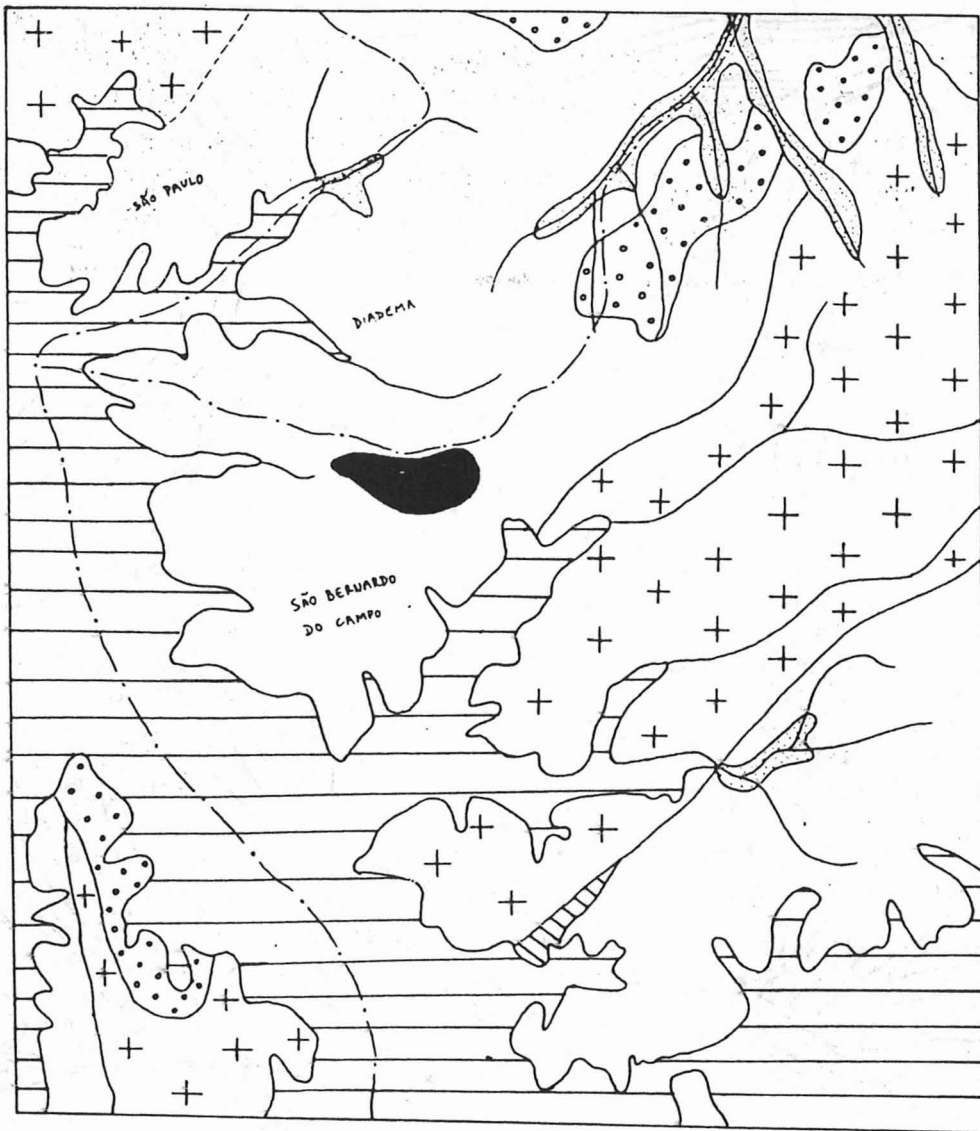
Comunidades são afetadas direta e indiretamente pelo lixão, como é o caso da população localizada em suas adjacências, que utiliza poços para a captação de água destinada a diversos fins.

Análises bacteriológicas realizadas em alguns destes poços revelaram a concentração de coliformes totais e fecais da ordem de centenas a milhares de organismos por 100 ml de água, atestando qualidade imprópria para uso potável.

A falta de saneamento básico nesta região é um fator agravante na degradação da qualidade da água subterrânea. O grande número de fossas, muitas das quais situadas próximas aos poços, favorece o desenvolvimento e contaminação do lençol freático por microorganismos patogênicos.

Um fator antrópico, relacionado com o modo de utilização dos poços, também mostrou ser influente na qualidade da água. O tipo de construção dos poços, bem como sua manipulação, podem induzir alterações nas características da água a ser consumida.

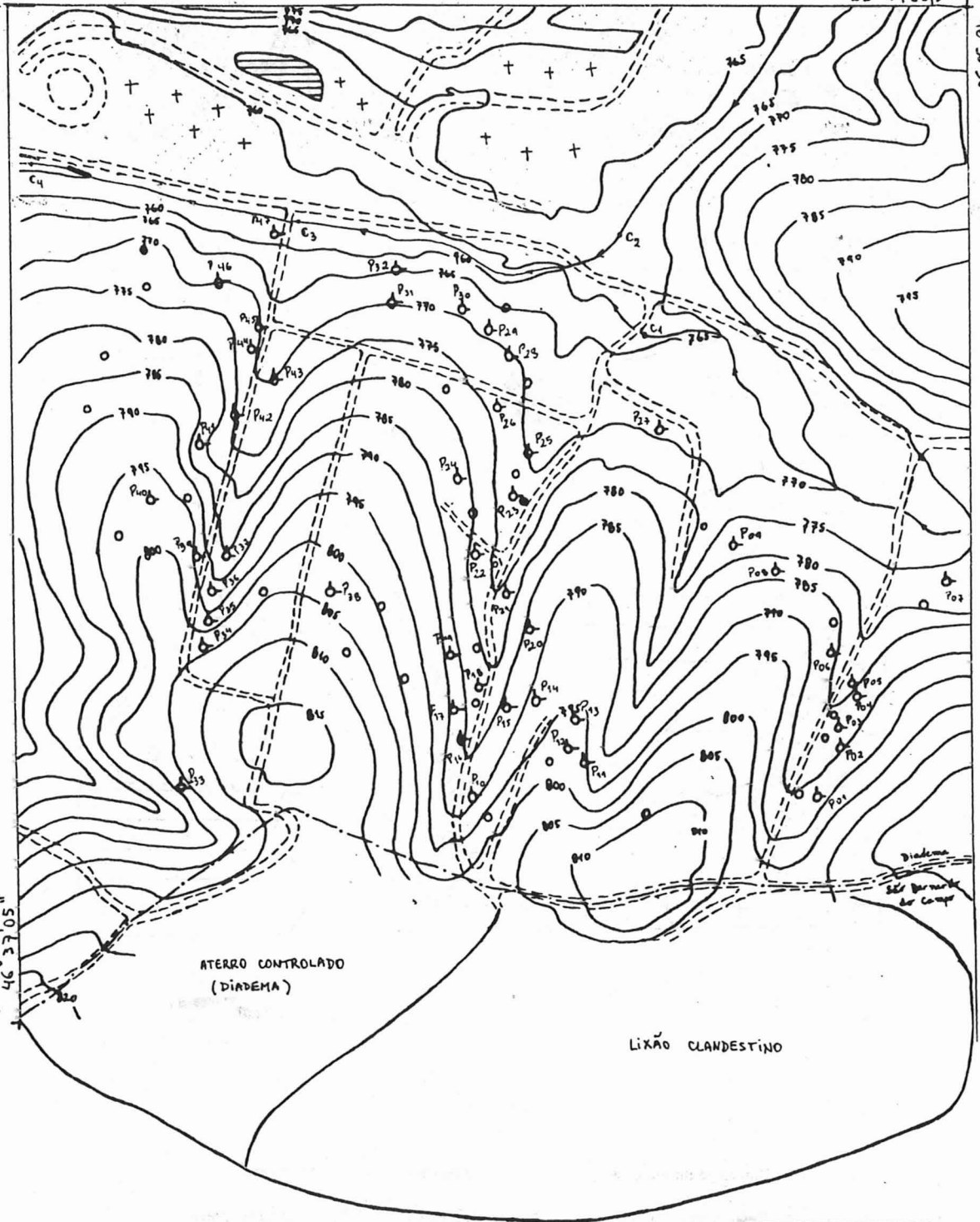
Com técnicas geofísicas de investigação, foi possível estabelecer um perfil de condutividades elétricas anômalas, ou seja, a zona onde a água subterrânea parece estar mais afetada pelo chorume proveniente do lixo. Esta região coincide com a direção principal de fluxo d'água e apresenta caráter convergente devido sua conformação topográfica.



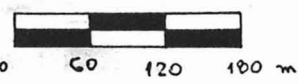
**LEGENDA**

- |     |                       |     |                          |   |                  |
|-----|-----------------------|-----|--------------------------|---|------------------|
| --- | Limite de municípios  | ••• | Bacia de São Paulo       | □ | Micaxisto        |
| ≡   | Reservatório Billings | ••• | Aluviões recentes        | ▨ | Migmatito/gnaiss |
| ■   | Lixão do Alvarenga    | ++  | Granitos e granodioritos | ↘ | Drenagem         |

**Fig.1:** Geologia da porção sudeste da RMSP e localização do Lixão do Alvarenga

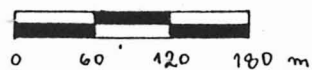
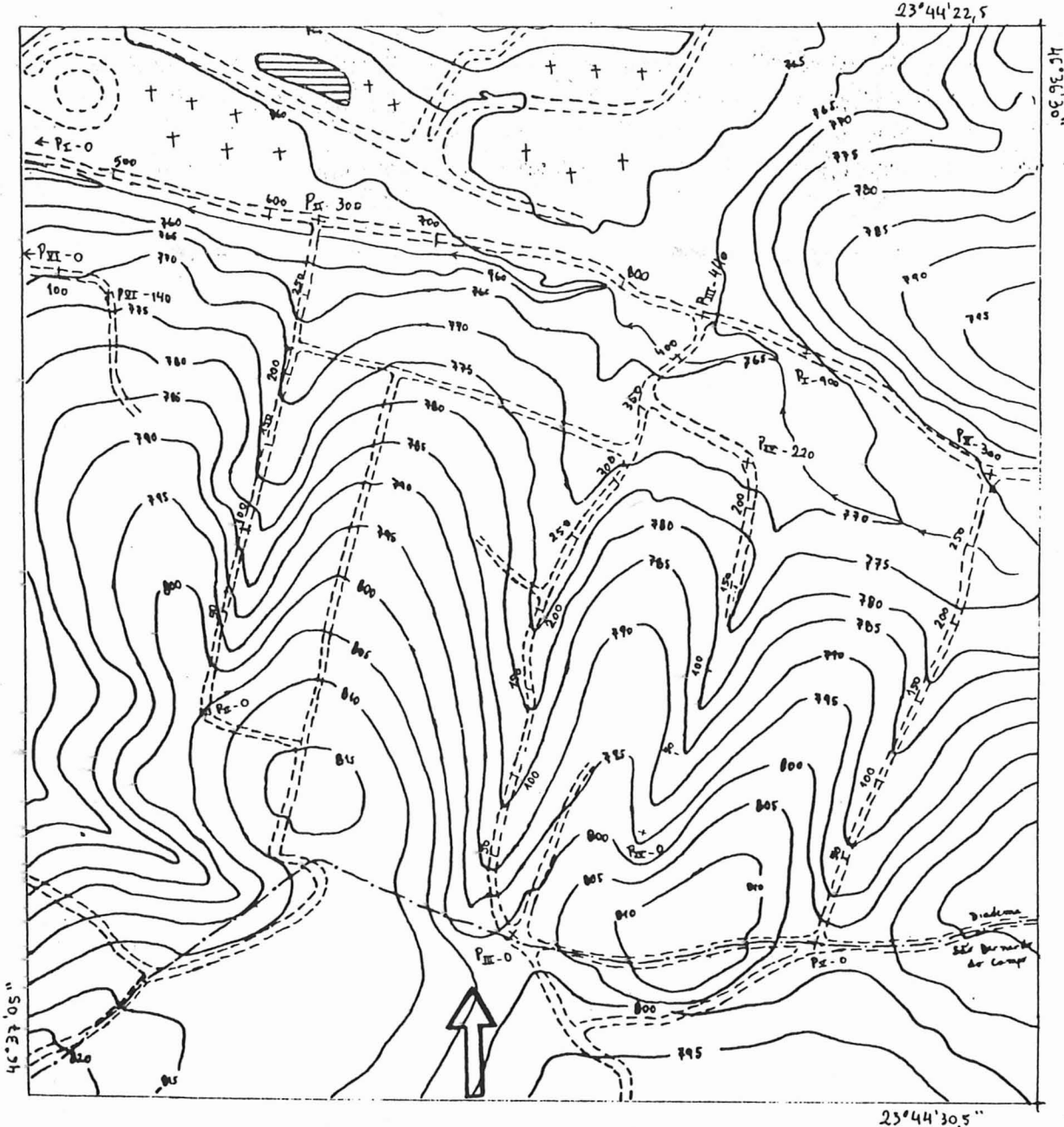


LEGENDA



- Limite de municípios
- Córrego
- Curvas de nível topográfico
- Lago
- Estrada não pavimentada
- Poços cadastrados
- Fossa seca
- Fossa negra
- Cemitério
- C1-5 Pontos de amostragem no córrego

Fig.2: Cadastro dos poços e fossas nas imediações do Lixão do Alvarenga



**LEGENDA**

- Limite de municípios
- Córrego
- Curvas de nível topográfico
- Lago
- Cemitério
- Estrada não pavimentada
- PI-VI Perfis eletromagnéticos (m)
- Direção do fluxo hidráulico

Fig. 3. Caminhamento eletromagnético realizado nas adjácias do lixão

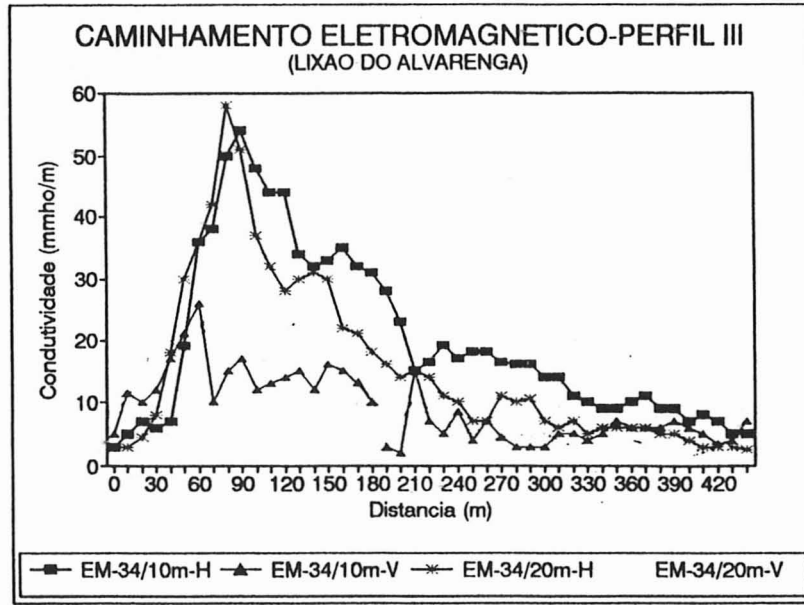
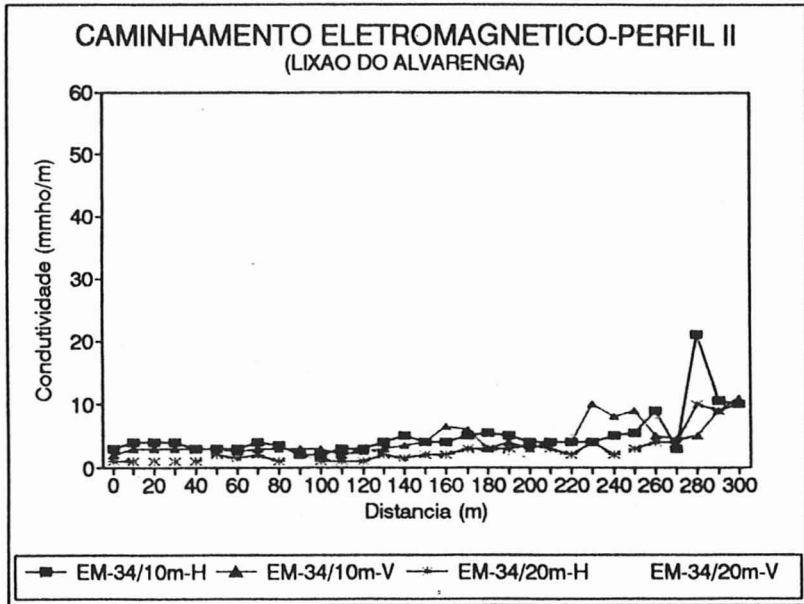
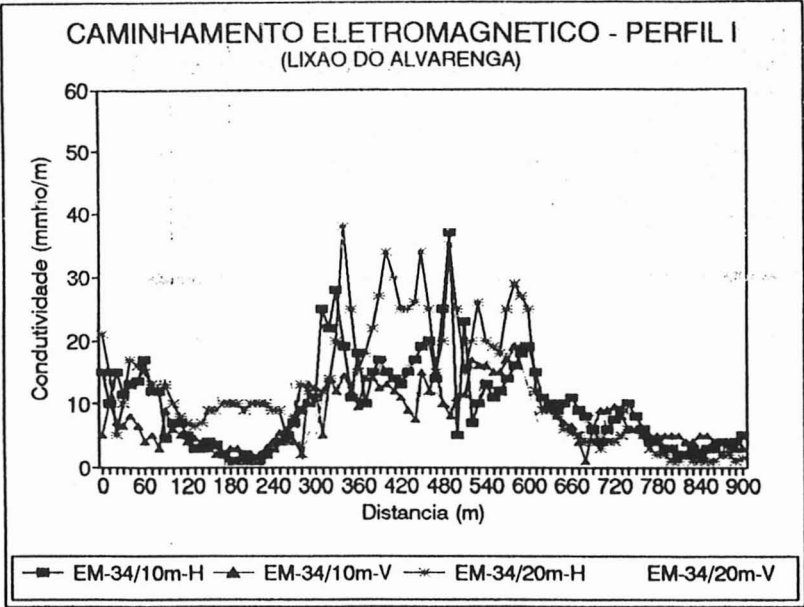


Fig. 3: Perfis eletromagnéticos realizados nas  
adjacências do Lixão do Avarenga

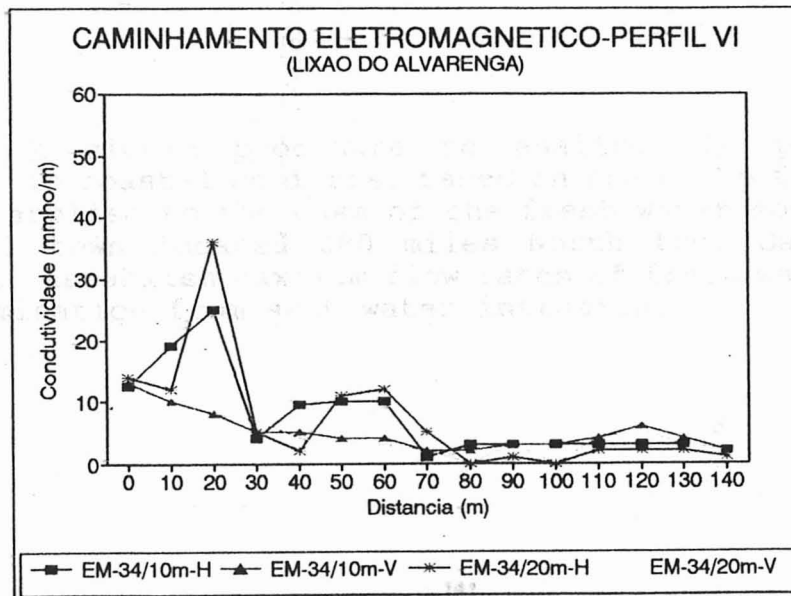
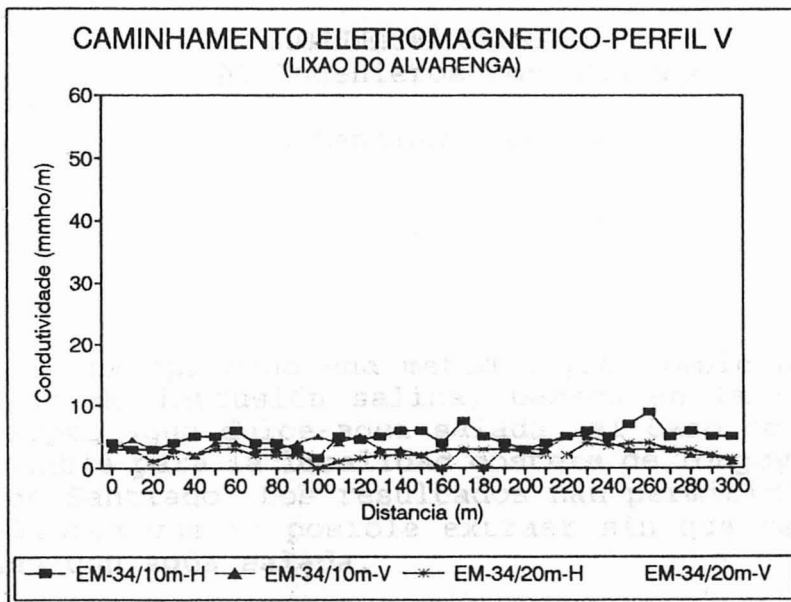
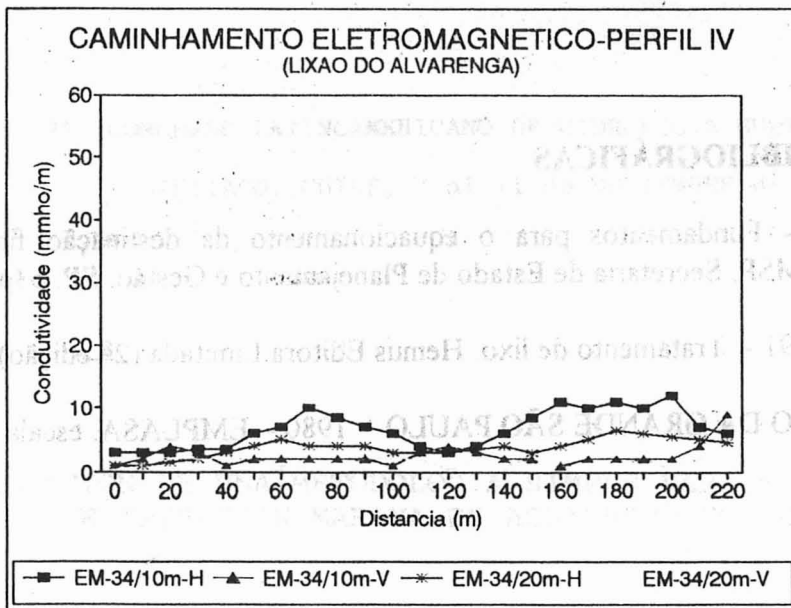


Fig.4: Perfis eletromagnéticos realizados nas adjacências do Lixão do Alvarenga (continuação)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPLASA - 1992 - Fundamentos para o equacionamento da destinação final dos resíduos sólidos na RMSP. Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão. SP. 63p.

LIMA, L.M.Q. - 1991 - Tratamento de lixo. Hemus Editora Limitada (2ª edição), 240 p.

MAPA GEOLÓGICO DA GRANDE SÃO PAULO - 1980 - EMLASA. escala 1:100.000