

# CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR RESÍDUO SÓLIDO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MG

Walter Duarte Costa <sup>1</sup>

**Resumo** - A geração e deposição de resíduos sólidos têm constituído um sério problema ambiental no mundo inteiro, em consequência dos volumes crescentes desse material e do elevado custo para que sua destinação não ofereça riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. No Brasil essa situação se agrava pela falta de investimento no setor e alta concentração de habitantes nas principais áreas urbanas, resultando em taxas que se aproximam de 1,0 kg/hab/dia, onde 52,5 %, em média, é representado por matéria orgânica. Some-se a esses números o fato de que apenas 13% desses resíduos são depositados em aterros sanitários controlados, sendo a grande maioria depositada em forma de lixões. Em Belo Horizonte foram pesquisadas duas diferentes situações: um lixão que funcionou de 1967 a 1972 e um aterro sanitário de 1972 até os dias atuais. A pesquisa revelou elevado índice de contaminação por alguns metais (Al, Ba, Fe, Mn, Ni e Pb) na água subterrânea sob o lixão desativado há 30 anos, enquanto o aterro sanitário envia o chorume sem qualquer tratamento para um córrego, possibilitando a sua infiltração para contaminar as águas subterrâneas. Esse chorume apresenta elevadíssimas concentrações dos mais variados metais, além de altas taxas de contaminação bacteriológica.

**Abstract** - The generation and deposition of solid residues have been a serious environmental problem in the entire world, because of this material's crescent volume and the high costs to make its destination a place with no risk to public health and to the environmental. In Brazil, the investment's min in this area and the highs habitant's concentration in the majority urban places aggravate this situation, resulting in rates that are nearly to 1,0 kg/hab/day, where an average of 52,5% is represented by organic material. In addition to these numbers, we should add the fact that only 13% of these residues are deposited in controlled sanitary dumps, and the big majority is deposited in big rubbishes (big opened deposits with no hygiene). Two different situations were investigated in Belo Horizonte: a big rubbish that worked from 1967 to 1972 and a sanitary dump that has been working since 1972. The survey showed a high contamination level for some metals

---

<sup>1</sup> Prof.da Universidade Federal de Minas Gerais - Endereço: Rua do Ouro, 7870/102 – Serra – Belo Horizonte/MG – 30.220-000 - Telefax: (0xx31) 3287.5232 e 99738407 – e-mail: [walter.costa@terra.com.br](mailto:walter.costa@terra.com.br)

(Al, Ba, Fe, Mn, Ni and Pb) in the ground water under the big rubbish, out of work since 1972, while the sanitary dump sends the leachate without any treatment to a small river, making possible its infiltration to contaminate the ground water. This leachate presents high concentrations of the most different metals, beyond the bacteriologic contamination's high rates.

**Palavras-Chave** - Contaminação; água subterrânea; resíduo sólido.

## **INTRODUÇÃO**

Como resíduo sólido é considerada toda mistura de materiais ou restos destes, oriundos dos mais diversos tipos de atividade humana, que são descartados por não apresentarem utilidade ou valor econômico.

A produção e disposição desses resíduos têm se constituído um dos maiores problemas ambientais de todo o mundo, principalmente nos países mais desenvolvidos, já que o volume de resíduos gerados é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento de um povo, como resultado das maiores atividades econômicas e dos hábitos de consumo decorrentes.

Assim é que, o Canadá produz 1,90 kg/hab/dia, enquanto a Índia produz apenas 0,40 kg/hab/dia (Philippi Jr, 1999). O Brasil produz, em média, 0,60 kg/hab/dia (Jardim et al, 1995), embora sejam conhecidos índices variando desde 0,40 kg/hab/dia (Novo Hamburgo) até 0,90 kg/hab/dia (Rio de Janeiro), segundo Philippi Jr (1999).

O conteúdo de matéria orgânica em um depósito de resíduo sólido é, por sua vez, inversamente proporcional ao grau de desenvolvimento de seus geradores. Assim, enquanto na Suécia e no Japão o percentual de matéria orgânica é praticamente nulo, na Índia chega a 75% e no Brasil, atinge em média 52,5 % (Galvão Junior, in Philipp Jr, 1999).

Maior problema que a geração é a disposição final dos resíduos sólidos, principalmente em função dos seguintes aspectos: forma de disposição; natureza e origem do resíduo em função de sua toxicidade; volume demandado.

### **Forma de disposição**

O Quadro 1 mostra a forma de disposição do resíduo doméstico (lixo) em várias partes do mundo, incluindo o Brasil. Nota-se que, desses 16 países, o Brasil apresenta o quadro mais trágico em termos de destinação de seu lixo doméstico, com 99% de todo o resíduo depositado sobre o solo, sendo 76% através de lixões e apenas 13% em aterro controlado.

A deposição desses resíduos em lixões e aterros não controlados (86% dos casos brasileiros) constitui um crime contra a saúde pública e contra o meio ambiente.

Em termos de *saúde pública*, tal disposição propicia o aparecimento dos chamados vetores de doenças representados pelos animais (ratos, baratas, moscas e mosquitos) que, entrando em contato com o lixo, funcionam como veículo de transmissão de uma série de agentes causadores de doenças ao homem, como leptospirose, salmoneloses, peste bubônica, tifo, hepatite, malária etc. Segundo Philipp Jr (1999), aproximadamente 5,2 milhões de pessoas, incluindo 4 milhões de crianças, morrem por ano em todo o mundo por doenças relacionadas com o lixo.

Em termos de *meio ambiente*, a disposição inadequada do lixo pode agravar a poluição do ar, das águas (superficiais e subterrâneas) e do solo, além de causar poluição visual e uma terrível agressão social, pela presença de catadores de lixo, incluindo crianças, que se misturam aos animais predadores na busca de restos de comida.

**Quadro 1 - Destino Final do Resíduo Doméstico - %**

PAÍS	ATERRO SANITÁRIO		INCINE- RAÇÃO	RECI- CLAGEM	COMPOS- TAGEM	SEM SERVIÇO
	CONTROL.	S/CONTR.				
Áustria	64,0	-	20,0	-	16,0	-
Canadá	95,0	-	4,0	1,0	-	-
Dinamarca	31,0	-	50,0	18,0	1,0	-
Finlândia	95,0	-	2,0	3,0	-	-
França	47,9	-	41,9	0,6	8,7	-
Alemanha	74,0	-	24,0	-	2,0	-
Itália	83,2	-	13,9	0,6	2,3	-
Japão	29,6	-	67,6	-	2,8	-
Holanda	51,0	-	34,0	15,0	-	-
Polônia	99,9	-	-	-	0,1	-
África do Sul	41,4	27,8	20,8	3,1	3,8	3,9
Suécia	35,0	-	60,0	5,0	-	-
Suíça	20,0	-	80,0	-	-	-
Grã-Bretanha	88,0	-	11,0	1,0	-	-
USA	83,0	-	6,0	11,0	-	-
BRASIL	13,0	10,0	0,1	-	0,9	76,0

Fonte: Carra et al (1990 e IPT (1994) in Hassuda (1997)

Os resíduos orgânicos, que predominam nos países mais pobres, quando depositados a céu aberto sofrem decomposição anaeróbica, que se inicia quando há falta de oxigênio na massa de lixo, o que irá originar dois produtos: os gases e o chorume. Os *gases* gerados (gás sulfídrico, metano, e mercaptano) possuem odor desagradável, sendo o metano inflamável, pelo que apresenta risco de provocar incêndios até mesmo por auto combustão. O *chorume* é um líquido de cor negra, com alta concentração de

matéria orgânica e de poluentes inorgânicos, pelo que possui elevado potencial poluente, podendo escorrer até os cursos d'água ou se infiltrarem para contaminar as águas subterrâneas.

### **Natureza e origem do resíduo**

Além do resíduo doméstico, muitos outros são gerados nas mais variadas atividades produtivas exercidas pelo homem e entre tais resíduos, muitos são perigosos, apresentando sérios riscos sanitários e ambientais devido aos seus componentes químicos, tóxicos, corrosivos, inflamáveis e radioativos.

Os principais geradores de tais resíduos são os serviços de saúde, como hospitais, e algumas indústrias. Os primeiros porque podem conter microorganismos capazes de transmitir doenças, além de produtos químicos e radioativos manipulados na profilaxia das diversas doenças, enquanto as indústrias podem incluir muitos metais pesados e tóxicos entre seus resíduos.

Se esses resíduos são depositados junto ao lixo domiciliar, são grandes as chances de ocorrerem reações químicas que aumentam a solubilização e a mobilidade desses contaminantes, formando chorumes altamente tóxicos com elevado potencial poluidor se infiltrados no solo e chegarem até às águas subterrâneas.

### **Volume demandado**

A grande quantidade de resíduos sólidos produzida nas grandes cidades exige grandes áreas para a sua deposição, o que nem sempre é possível nas proximidades dos grandes centros, onde a valorização do solo e as necessidades de proteção ambiental, cada vez mais exigentes, dificultam a localização dessas áreas.

## **COLETA E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELO HORIZONTE**

Na coleta e disposição de resíduos sólidos em Belo Horizonte foram utilizadas várias modalidades ao longo dos 100 anos de existência dessa cidade, como pode ser resumido do trabalho “Belo Horizonte” (2000).

Assim é que, em 1899, um ano após a implantação a cidade, a coleta de lixo era realizada por dois carroções com tração animal, sem horário nem itinerário determinados, sendo o lixo depositado em local afastado da cidade e incinerado a céu aberto com querosene.

Em 1914 foi construído um forno de incineração do lixo domiciliar do sistema “Horsfill”, nas proximidades do Parque Municipal, sendo posteriormente afastado do centro da cidade (em 1928) e desativado completamente em 1930.

Os veículos de tração animal foram substituídos por um automotivo para a coleta de lixo em 1924, sendo a frota ampliada em 1929.

Ainda em 1929 foram construídas 100 celas de fermentação de lixo, do sistema “Baccari” (foto 1) nas fazendas da Gameleira, Horto e Baleia, aumentando com mais 33 celas construídas em 1955 na Várzea do Felicíssimo. Esse processo, além de evitar os problemas ambientais relacionados com os lixões, possibilitava o fornecimento do lixo fermentado aos agricultores das imediações de Belo Horizonte para ser utilizado como adubo orgânico.

Ao longo da década de 60 essas celas começaram a ser inexplicavelmente desativadas e em 1967 o lixo passou a ser depositado em uma grande voçoroca existente no Morro das Pedras, onde passou a ser chamado de “Bocão do Lixo”; a coleta contou com o reforço de uma frota de caminhões coletores e caçambas.

O lixão criado representou um retrocesso social e ambiental, pois além do aspecto visual deprimente, possibilitou a convivência de mais de 300 pessoas que construíram seus barracos em pleno lixão para facilitar a catação de detritos em condições subumanas (foto 2).

Depois de inúmeros acidentes ocorridos nesse lixão envolvendo a morte de muitos de seus moradores, esse lixão foi desativado, sendo implantado o Aterro Sanitário da BR-040, que passou a funcionar a partir de 1975 e perdura até os dias atuais.

A coleta melhorou bastante a partir de 1977, quando 25 caminhões compactadores substituíram os veículos convencionais com carroceria de madeira. Atualmente a coleta é feita por inúmeras empresas terceirizadas, que utilizam grandes caminhões como visto na foto 3.

## **CONTROLE AMBIENTAL**

No § 1º do Art. 2º da Lei nº 7.277/97, que instituiu a Licença Ambiental, são considerados empreendimentos de impacto, entre outros, os aterros sanitários e usinas de reciclagem de resíduos sólidos.

Apesar de previsto em lei, nunca foram regulamentados o licenciamento e o controle ambiental do aterro sanitário existente desde 1975 (22 anos antes da lei). Há, inclusive, controvérsias sobre quem deve legislar sobre o assunto, se o Estado ou o Município.

## **PESQUISAS REALIZADAS**

Conforme acima citado, Belo Horizonte não contou com uma grande diversidade de locais para disposição de seus resíduos sólidos.

Excetuando algumas experiências em células fechadas, que pelo seu volume acumulado e condições de deposição (ambientes fechados e impermeabilizados) não chegaram a impor riscos ambientais, apenas um antigo lixão pode ser considerado como fonte de contaminação, iniciada na época de utilização e prolongada por algum tempo após sua desativação.

Assim, a atual pesquisa teve-se a três pontos: antigo lixão, pequenos lixões clandestinos atuais; e aterro sanitário.

### **Antigo Lixão**

O antigo lixão foi utilizado no período de 1967 a 1971 e era localizado no Morro das Pedras, hoje ocupado por uma favela com o mesmo nome.

Esse lixão ocupava uma antiga voçoroca inicialmente desabitada. À medida que o lixo era depositado, iam surgindo construções no seu interior que abrigavam os catadores de lixo, como ilustrado na foto 2.

Em 18.11.71, ocorreu um grande deslizamento nesse lixão em consequência de uma chuva torrencial e da falta de compactação do material depositado, resultando no soterramento de vários barracos e na morte de quase duas dezenas de seus moradores.

Fenômenos de explosões espontâneas em função da geração de gás metano pela decomposição do lixo orgânico foram também responsáveis por incêndios e mortes ocorridas nos anos de 1969 e 1971.

Em novembro de 1972 houve novo desabamento nesse lixão, matando mais quatro pessoas.

Todos esses acidentes deixaram uma camada de lixo espalhada ao longo da antiga voçoroca, com espessura que ultrapassa os 20 m em alguns locais, como pôde ser detectado pela geofísica e sondagens aí realizadas, sendo de 288.000 m<sup>3</sup> o volume total de lixo aí acumulado.

**FOTO 1** - Antigas células de deposição e incineração do lixo no sistema Baccari (foto da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte de 1960)



**FOTO 2** - Lançamento do lixo no antigo lixão do Morro das Pedras, mostrando a presença humana convivendo com a podridão e a falta de higiene (Foto da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte de 1968)

**FOTO 3** - Aspecto da deposição de lixo no aterro sanitário



Desativado o lixão em 1972, foi incrementada a ocupação humana sobre esses depósitos, através da construção de cerca de 150 casas, como visto na figura 1. Somente em 1976 o governo municipal pôde desocupar definitivamente esse local e aí implantar uma praça de esportes.

As fotos 4 e 5 mostram a atual situação desse local, onde foi construída pela prefeitura de Belo Horizonte uma área de lazer. Notam-se os tubos verticalizados construídos para escapamento dos gases formados pela decomposição química dos resíduos orgânicos.

Nesse local foi realizada uma pesquisa sobre a eventual contaminação ainda existente com relação às águas subterrâneas, constando de prospecção geofísica, sondagem para coleta de água e análises físico-químicas e bacteriológicas da água amostrada.

A foto 6 mostra a fase de campo da prospecção geofísica, utilizando o método GPR (ground penetration radar).

Esse levantamento visou detectar a espessura do lixo acumulado pelo deslizamento e a possível localização do nível freático. Todavia, a grande heterogeneidade desse depósito, que continha corpos de natureza e tamanho muito variados imersos em sua massa, dificultou a interpretação dos resultados. Ainda assim, pôde ser feita uma integração entre seus resultados e as sondagens realizadas naquele sítio na época do deslizamento, resultando na seção longitudinal indicada na figura 1 e apresentada na figura 2

Nessa figura pode ser observado que a espessura do depósito de lixo varia desde 4 m, na parte mais baixa desse vale, até 20 m, no trecho em que houve maior acúmulo pelo efeito do deslizamento (onde existe hoje um campo de futebol).

Ainda nessa seção constata-se que o nível freático encontra-se no solo residual, porém à pouca profundidade (2 a 3 m abaixo da base do lixo), o que certamente favorece a contaminação das águas subterrâneas pela infiltração do chorume produzido nesse lixo.

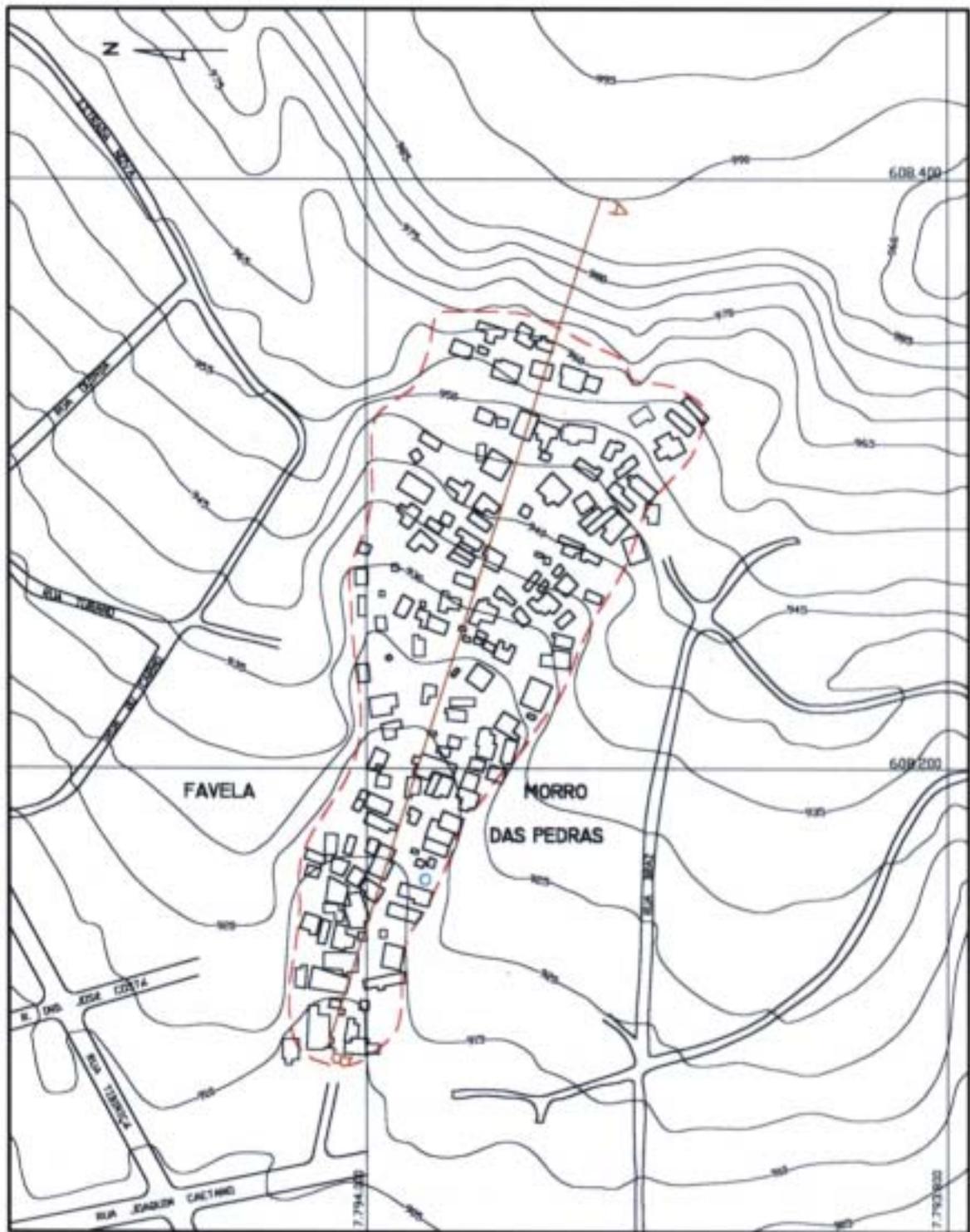
**FOTO 4** - Área do antigo lixão do Morro das Pedras que é visto ao fundo. Em primeiro plano, a pista do "cooper" construída na área de lazer implantada nesse local



**FOTO 5** - Outra vista do antigo lixão da foto anterior, vendo-se o campo de futebol construído sobre um corte no depósito de lixo,

**FOTO 6** - Geofísica pelo método GPR executada sobre o antigo lixão das fotos acima. Ao fundo observam-se depósitos recentes de lixo à meia encosta.





ESCALA = 1:2000

**LEGENDA**

- - - LIMITE DA ÁREA AFETADA PELO DESLIZAMENTO
- CASAS CONSTRUIDAS SOBRE O LIXÃO DESLIZADO
- SONDAGEM REALIZADA

**FIGURA 1**

**DESLIZAMENTO DE UM ANTIGO LIXÃO NO MORRO DAS PEDRAS**

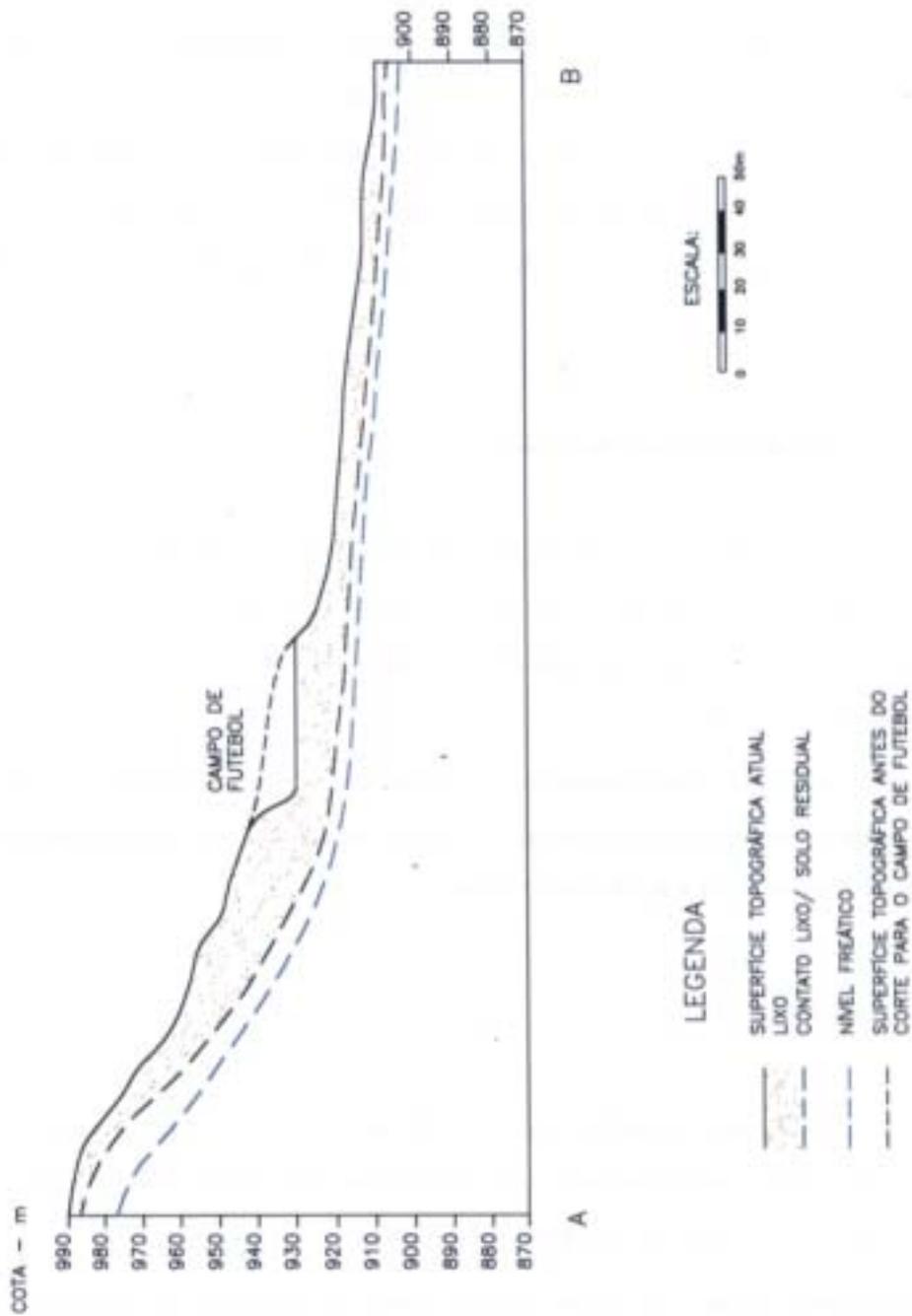


FIGURA 2  
ANTIGO LIXÃO DO MORRO DAS PEDRAS  
SEÇÃO LONGITUDINAL

Foi executada uma sondagem no local indicado na figura 1, que atingiu 16,0 m, tendo encontrado o nível freático a 8,70 m. Além do teste de condutividade hidráulica realizado, que acusou um valor de  $K = 2,23 \times 10^{-4}$  cm/s (método de “slug test”), foi instalado nesse local um poço de monitoramento. Nesse poço foram coletadas amostras de água para análises físico-químicas e bacteriológicas.

Foi executada uma análise físico-química completa para potabilidade, incluindo os metais pesados e tóxicos, além de uma análise bacteriológica.

A análise físico-química revelou os seguintes parâmetros em excesso:

Turbidez:	30,00 NTU
Condutividade elétrica:	2.010,00 $\mu$ S/cm
Sólidos dissolvidos:	1.255,00 mg/L
Alumínio:	0,73 mg/L
Bário:	1,57 mg/L
Ferro:	2,37 mg/L
Manganês:	1,26 mg/L
Níquel:	0,12 mg/L
Chumbo:	0,07 mg/L

O resultado do nitrato foi baixo ( $<0,05$  mg/L) e não foi registrada a presença de coliformes fecais, estreptococcus fecais nem qualquer bactéria patogênica.

Nota-se por esses resultados que, embora não tenha sido constatada contaminação orgânica, há ainda indícios de contaminação da água subterrânea por metais, 30 anos após ter sido desativado esse lixão e numa área que apenas recebeu parte do resíduo sólido desligado do depósito original.

## **ATERRO SANITÁRIO**

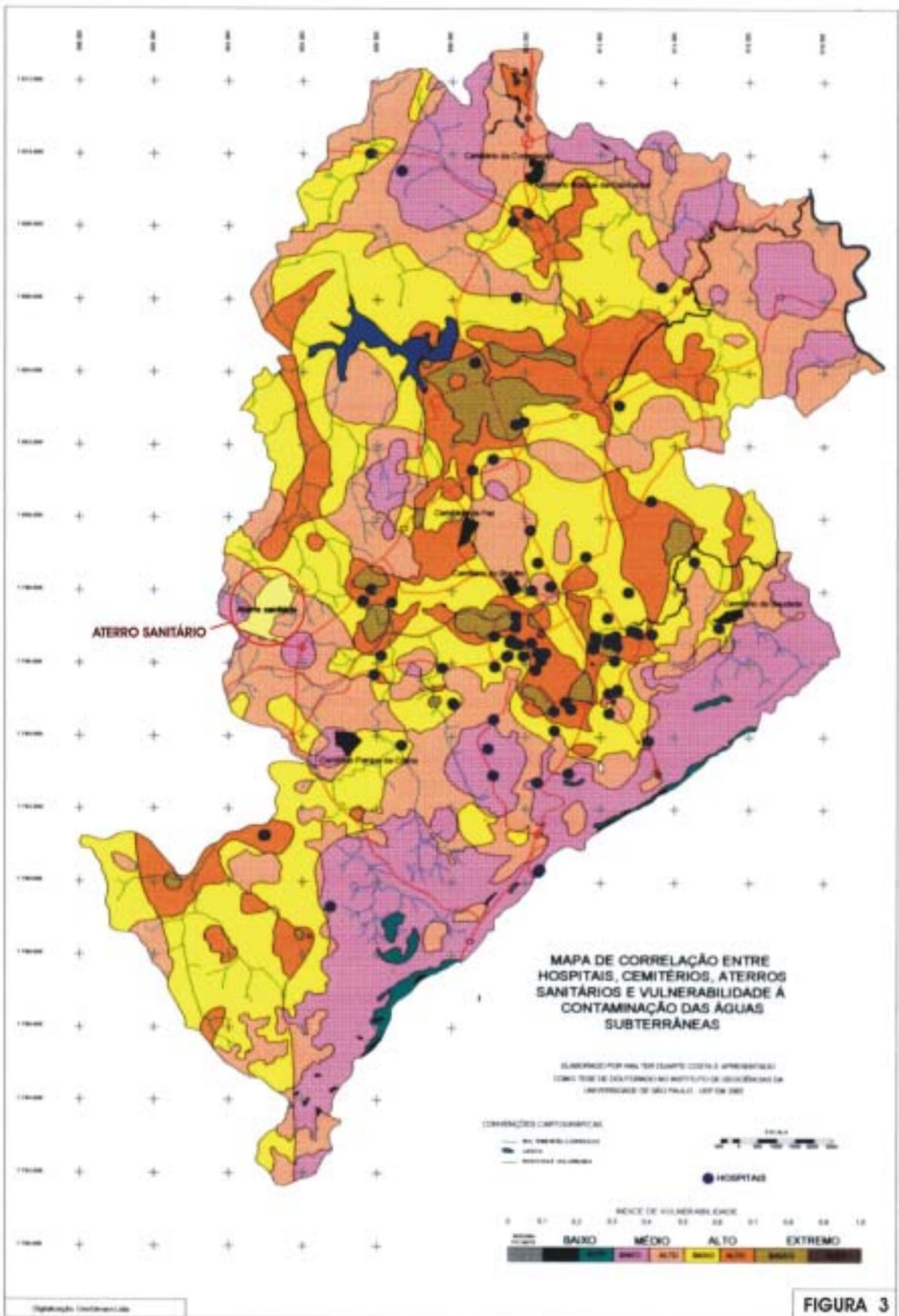
Todo o lixo coletado por caminhões na cidade de Belo Horizonte, numa média diária de 4.500 ton, é encaminhado ao aterro sanitário situado na saída dessa cidade pela BR-040 em direção à Brasília, conforme mostrado no mapa da figura 3.

Dessa quantidade, apenas 2% é encaminhada à usina de compostagem existente dentro da área do aterro, como mostrado na foto 8

O restante é depositado em camadas (foto 3) alternadas com material terroso compactado, formando, ao final, um depósito tabular (foto 8) com taludes que serão posteriormente revegetados para eliminar qualquer impacto visual após concluído.

Esse aterro apresenta, todavia, dois problemas que podem contribuir para o agravamento do risco que geralmente apresentam os depósitos de resíduos sólidos para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas: em primeiro lugar, recebe resíduos sólidos das mais diversas origens,

misturando no mesmo depósito resíduos domésticos com os provenientes de indústrias e hospitais; em segundo lugar, seu efluente líquido, ou chorume, não recebe qualquer tipo de tratamento, sendo canalizado “in natura”, como observado na foto 9, e direcionado para a rede de drenagem natural, descarregando toda a carga contaminante nas cabeceiras do Córrego Ressaca, que deságua na Lagoa da Pampulha. Evidentemente, grande parte desse chorume se infiltra no trecho mais elevado desse córrego, que, por ser temporário, oferece boas condições de infiltração em suas cabeceiras na maior parte do período mais seco do ano. A infiltração desse chorume poderá contaminar o aquífero ao longo de todo o curso do Córrego Ressaca.



**FOTO 7** - Usina de compostagem do lixo instalada no Aterro Sanitário, vendo-se em primeiro plano, pilhas do lixo já tratado.



**FOTO 8** - Aterro sanitário parcialmente concluído, faltando a revegetação que foi iniciada no talude mais inferior.

**FOTO 9** - Saída do chorume do aterro sanitário, que é direcionado "in natura" através de canais até as cabeceiras da drenagem local



O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos em 8 análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em diferentes épocas dos anos 2000 e 2001 no chorume desse aterro hidráulico.

Pode-se observar que, em princípio, esse chorume acha-se bastante salinizado, com uma condutividade elétrica média de 23.762  $\mu\text{mhos/cm}$ ; sólidos dissolvidos médios de 8.835 mg/L; dureza total média de 1.026 mgCaCO<sub>3</sub>; cloretos com média de 3.800 mg/L; e sulfetos com média de 14,28 mg/L (mais de 7.000 vezes o limite legal).

A contaminação orgânica acha-se também bastante elevada, acusando um DBO<sub>5</sub> médio de 924 mgO<sub>2</sub>/L, DQO médio de 4.650 mgO<sub>2</sub>/L e oxigênio dissolvido < 0,1 mgO<sub>2</sub>/L.

A contaminação bacteriológica é elevadíssima, com altas taxas de coliformes fecais e de estreptococcus fecais.

Finalmente, observa-se a quantidade muito elevada de muitos metais pesados e/ou tóxicos, como: *cádmio* (em média 20 vezes mais que o limite); *chumbo* (em média 6 vezes mais que o limite); *ferro* (em média 18 vezes mais que o limite); e *níquel* (em média 10 vezes mais que o limite).

Em resumo, o chorume desse aterro sanitário acha-se altamente poluído, como é praxe de todos os chorumes, e está pondo em risco a qualidade das águas superficiais e subterrâneas das imediações do aterro sanitário, por ser lançado “in natura” nas cabeceiras da rede de drenagem local.

**Quadro 2 - Análises do Chorume do Aterro Sanitário**

PARÂMETROS	UNIDADE	LIMITE LEG. *	DATA DA ANÁLISE							
			-	-	-	28.8.00	-	22.5.01	20.6.01	-
Temperatura	°C	-	39,5	37,0	-	36,5	34,4	-	-	-
pH	-	-	7,74	7,75	-	7,20	7,14	7,15	7,18	7,2
Alcalinidade	mg/L	-	-	6630	-	7610	5812	-	-	-
Ácidos voláteis	mg/L	-	450	435	495	615	480	945	4130	302
Alumínio total	mg Al/L	0,1	<0,05	0,05	0,24	0,01	0,42	1,3	1,7	0,06
Amônia n/ionizável	mg N-NH <sub>3</sub> /L	0,02	0,09	9,79	2,49	15,4	24,5	31	124	6,9
Arsênio total	mg As/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bário total	mg Ba/L	1,0	0,091	0,103	0,174	0,176	0,51	0,34	0,26	0,27
Berílio total	mg Be/L	0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,1	<0,001	<0,001	0,003
Cádmio total	mg Cd/L	0,001	0,005	0,003	0,025	0,02	0,02	0,015	0,031	0,035
Chumbo total	mg Pb/L	0,03	0,09	0,60	0,20	0,08	0,10	0,08	0,15	0,12
Cloretos	mg Cl/L	250	3107,0	2935,3	2546,0	3435,0	3705,0	3858,0	5716,0	5168,0
Cobalto total	mg Co/L	0,2	0,06	0,03	0,20	0,31	0,24	0,19	0,21	0,31
Cobre total	mg Cu/L	0,02	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,02
Condutiv. elétrica	s/cm	-	21300	20900	20300	23200	22800	26600	27500	27500
Cor	mgK <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub> /L	75	1730	1660	1550	350	1850	1140	2270	1910
Cromo hexavalente	mg Cr/L	0,05	<0,01	<0,01	0,06	0,05	0,08	0,01	0,02	0,06
Cromo trivalente	mg Cr/L	0,5	0,13	0,07	0,02	0,05	0,04	0,06	0,03	<0,01
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	60	1280	850	1454	436,3	160	588	1598,5	1026
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	90	4490	4990	5330	3630	4570	3240	6490	4470
Dureza de cálcio	mg CaCO <sub>3</sub> /L	-	310	206,2	-	-	241	472	504,9	233
Dureza de magnésio	mg CaCO <sub>3</sub> /L	-	580	494,9	-	-	524	1108	524,3	1243
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	500**	890	701,1	721,7	1051	765	1579	1029,2	1476
Estanho total	mg Sn/L	0,001	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,71	<0,5	<0,5	<0,5
Ferro total	mg Fé/L	0,3**	3,30	4,30	4,42	2,9	5,8	6,9	10	5,4
Fósforo total	mg/L	-	4,37	8,9	10,40	9,50	5,5	7,2	7,4	8,7
Lítio total	mg Li/L	2,5	<0,02	<0,02	0,02	<0,01	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Magnésio total	mg Mg/L	-	140,9	120,3	125,3	155,3	127	232	188	419
Manganês total	mg Mn/L	0,1	6,10	<0,01	0,30	0,38	0,38	0,27	0,48	0,23
Mercurio total	mg Hg/L	0,0002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Níquel total	mg Ni/L	0,025	0,13	0,07	0,3	0,3	0,32	0,32	0,27	0,36
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /L	10	28,5	2,31	6,40	6,40	7,90	2,9	5,49	2,6
Nitrogênio amoniac.	mg n-NH <sub>3</sub> /L	-	8,4	217	202	840	1720	1700	1660	343
Nitrogênio total	mg N/L	-	43,2	1590	1757	1665	1766	3749	3691	2097
Oxigênio dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	>5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Potencial redox- Eh	mV	-	51	221	-19	-41	-39	-371	0,1	-223
Prata total	mg Ag/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	-342	0,01
Sólidos dissolvidos	mg/L	500	8293	8292	8572	8680	7183	9668	10768	9225
Sólidos sediment.	mL/L	-	<0,1	0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,3	0,3	<0,1
Sólidos suspensos	mg/L	-	10928	204	320	453	1457	854	1022	772
Sólidos totais	mg/L	-	19221	8496	8892	9133	8670	10522	11790	9997
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	250	27,3	14,1	150,5	278	236,7	187,4	383,4	43,7
Sulfetos	mg S/L	0,002	0,002	<0,002	0,044	<0,002	32	21	25	36,2
Turbidez	U.N.T.	100	410	390	430	400	380	480	970	32
Vanádio total	mg V/L	0,1	0,06	0,03	0,04	0,04	<0,1	0,06	0,06	0,1
Zinco total	mg Zn/L	0,18	0,2	0,1	0,11	0,14	0,13	0,19	0,66	0,26
Coliformes fecais	NMP/mL	0	>1600	≥1600	400	13000	110	≥16000	≥16000	>110
Coliformes totais	NMP/mL	0	>1600	≥1600	≥1600	160000	200	≥1600	≥1600	160000
Estreptococcus fecais	NMP/mL	0	>1600	≥1600	≥1600	30000	200	3500	≥1600	160000

\* Delib.Norm. COPAM nº10 (16.12.86) – Águas classe 2; \*\* Port.M.S. 1469 (02.01.01); Em **vermelho**: valor que excedeu o limite

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BELO HORIZONTE – 2000 – Limpeza Urbana na Belo Horizonte Centenária. Prefeitura Municipal. Superintendência de Limpeza Urban. Memória, 176 p.
- [2] COSTA, W.D. – 2002 – Caracterização das condições de uso e preservação das águas subterrâneas do município de Belo Horizonte-MG – Tese de doutoramento apresentada à USP, 450 p. São Paulo. Inédito.

- [3] HASSUDA, S. – 1997 – Critérios para a Gestão de Áreas Suspeitas ou Contaminadas por Resíduos Sólidos – Estudo de caso na região metropolitana de São Paulo. Tese de doutoramento apresentada à USP, 142 p. São Paulo. Inédito.
- [4] JARDIM, N.S. et alli – 1995 – Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado – IPT/CEMPRE – São Paulo.
- [5] PHILIPPI Jr. A. – 1999 – Agenda 21 e Resíduos Sólidos – Anais do Sem. sobre Resíduos Sólidos – ABGE – pp.15-25, São Paulo.