



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PLANO DE FECHAMENTO DO ATERRO EM VALAS DO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DO JARDIM – SÃO PAULO¹

Davi Magalhães Lazarini Neppi²; Ricardo da Silva Manca³; Euzebio Beli⁴

RESUMO

A maior parte dos resíduos gerados no país é disposta de forma incorreta, trazendo graves conseqüências para o meio ambiente, sendo que os casos de contaminação do solo e da água crescem gradativamente e, além disso, também promovem a proliferação de vetores de doenças, atingindo as comunidades mais carentes que habitam as proximidades destes locais. Para os municípios de pequeno porte, que geram uma quantidade inferior a 10 toneladas de resíduos por dia, uma alternativa é o aterro em valas, pois se trata de um empreendimento relativamente simples e economicamente viável. No presente trabalho foi proposto um plano de fechamento do aterro em valas do município de Santo Antônio do Jardim - SP, contendo os procedimentos necessários para o correto encerramento do empreendimento. A metodologia aplicada baseou-se em análises do solo e água subterrânea, e através levantamento planialtimétrico da área. Os resultados mostram que há valores acima do permitido para alguns metais apenas no solo, uma vez que o nível de água não foi encontrado. Após o fechamento do aterro deverá ser colocado em prática o plano monitoramento da área, conduzindo o mesmo até sua completa recuperação.

Palavras-chave: Aterro em valas; resíduos sólidos; fechamento de aterro.

LANDFILL IN DITCHES CLOSURE PLAN IN THE CITY OF SANTO ANTONIO DO JARDIM - SAO PAULO ABSTRACT

The most part of waste generated in Brazil is incorrectly disposed, causing serious consequences for the environment, and the cases of water and soil contamination increase gradually promoting proliferation of diseases vectors, reaching poorest communities that live in the vicinity of this areas. For smaller municipalities, which generate a amount less than 10 ton of solid waste by day, an alternative for disposal is the landfill in ditches, what is simple and economically viable. In this paper was proposed a closure plan for the municipal landfill in ditches, containing the necessary procedure to finish it. The applied methodology was based in water and soil analyses and planialtimetric survey of the area. The results showed that there are higher values than the permissible only in soil, once the water level wasn't found. After closure of the landfill it will be put in practice the monitoring plan until complete recovery of the area.

Palavras-chave: landfill in ditches; solid waste; landfill closure.

Trabalho recebido em 09/05/2010 e aceito para publicação em 13/11/2010.

¹ Trabalho de conclusão de curso do primeiro autor

² Graduado em Engenharia Ambiental. Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – Unipinhal. e-mail: davineppi@hotmail.com

³ Orientador Professor Mestre do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – Unipinhal.

⁴ Professor Especialista do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal – Unipinhal.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao grande volume de lixo produzido pela população em quantidades cada vez maiores, a destinação final adequada de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), atualmente, é considerada como um dos principais problemas de qualidade ambiental das áreas urbanas no Brasil, uma vez que a maior parte dos resíduos é destinada de forma incorreta, sem levar em conta os danos causados ao meio ambiente.

É evidente a necessidade de se promover uma gestão adequada das áreas de disposição de resíduos, no intuito de prevenir ou reduzir os possíveis efeitos negativos ao meio ambiente ou à saúde pública. A busca de soluções tem envolvido, sobretudo, a recuperação técnica, social e ambiental de áreas de depósitos de RSU inadequadas. Metodologias de recuperação de lixões e aterros são desenvolvidas devido à necessidade de se implantar mecanismos de inertização da massa de lixo objetivando o fechamento do lixão e/ou aterro ou o prolongamento da vida útil dos mesmos.

As áreas destinadas a receber os resíduos gerados pela atividade humana devem possuir infra-estrutura adequada capaz de evitar ou minimizar os impactos causados ao meio ambiente. O aterro em valas é uma opção para os municípios de

pequeno porte e que possuem poucos recursos financeiros, sendo que a operação é relativamente simples e os resíduos são aterrados de forma segura, minimizando os impactos ambientais.

A construção deste tipo de aterro requer condições favoráveis, como o tipo de solo, profundidade do lençol freático, declividade, entre outras, uma vez que não possui impermeabilização do solo, o que pode ocasionar a contaminação das águas subterrâneas.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo descrever os procedimentos necessários para o correto encerramento do aterro em valas do município de Santo Antônio do Jardim - SP, buscando realizar o diagnóstico ambiental da área e sugerir medidas que minimizem os impactos ambientais causados pelo empreendimento, para o melhor uso futuro da área.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) – Aspectos Básicos

A palavra lixo, derivada do termo latim *lix*, significa “cinza”. No dicionário, ela é definida como sujeira, imundice, coisa ou coisas inúteis, sem valor. Lixo, na linguagem técnica, é sinônimo de resíduos sólidos e compreende os materiais

Neppi, D. L. M. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo descartados pela atividade humana comerciais, e os resíduos da limpeza (RODRIGUES; CAVINATTO, 2003). pública.

De acordo com Castilhos Junior *et al.* (2003) a classificação dos resíduos sólidos se baseia em determinadas características ou propriedades identificadas de cada material. A classificação é relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável. A norma NBR 10004 (ABNT, 2004) trata da classificação de resíduos sólidos quanto a sua periculosidade, ou seja, característica apresentada pelo resíduo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem representar potencial de risco a saúde pública e ao meio ambiente.

Essa definição torna evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos de origem urbana (RSU) compreendem aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas em áreas com aglomerações humanas no município, abrangendo resíduos de várias origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública, da construção civil e, finalmente, os agrícolas. Dentre os vários RSU gerados, são normalmente encaminhados para a disposição final em aterros os resíduos de origem domiciliar ou aqueles com características similares, como os

De acordo com a norma NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos podem ser enquadrados como:

- Classe I – resíduos perigosos: São aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido anteriormente, ou uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- Classe II A – não-inertes: São aqueles que não se enquadram na classe I ou II B. Os resíduos classe II A podem ter as seguintes propriedades: combustabilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
- Classe II B – inertes: São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos a saúde e ao meio ambiente.

2.2. Aspectos Legais

Em 1988, pela primeira vez, a Constituição Federal Brasileira abordou com maior ênfase as questões ambientais, considerando o meio ambiente como patrimônio nacional e das futuras gerações. Nesta Constituição, o saneamento básico ganhou importância e os resíduos sólidos foram considerados com maior destaque,

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

recomendando-se maior fiscalização e ação dos órgãos públicos e privados responsáveis pelo setor.

Desta forma, o primeiro instrumento legal a ser utilizado para análise na área de resíduos sólidos é Constituição Federal, notadamente em seu Artigo 30, que estabelece competência do município para “organizar e prestar assistência direta ou indiretamente sob regime de concessão ou permissão aos serviços públicos de interesse local” (PAVAN, s.d.).

Na esfera Estadual (Estado de São Paulo) a Resolução SMA 13, de 27 de fevereiro de 1998, dispõe sobre o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares e prevê que o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares deve considerar o Índice de Qualidade dos Aterros de Resíduos (IQR) e o Índice de Qualidade de Compostagem (IQC), para efeito de classificação da destinação final e das usinas de compostagem (SMA, 1998).

No Estado de São Paulo, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) define a classificação e a forma correta de disposição dos resíduos e inspeciona os aterros de disposição de resíduos domiciliares, sob responsabilidade do município (AMBIENTE BRASIL, 2008).

Segundo a Norma Técnica NBR 8419 (ABNT, 1984), o aterro sanitário não

deve ser construído em áreas sujeitas à inundação. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado. O nível do solo deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região. O solo deve ser de baixa permeabilidade, ou seja, de preferência um solo argiloso. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso de água e deve ser de fácil acesso. A arborização deve ser adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores. Devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar se estão ocorrendo vazamentos e contaminação do lençol freático: no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante, no sentido do fluxo da água do lençol freático. O efluente da lagoa deve ser monitorado pelo menos quatro vezes ao ano.

2.3. Aterro em valas

Este tópico se baseou na Apostila de Aterros Sanitários em Valas (CETESB, 1997).

O maior problema encontrado pelos municípios de pequeno porte e de escassos recursos financeiros para a construção de aterros sanitários é o da disponibilidade de equipamentos para a sua operação.

Uma saída para esta situação é o aterro em valas, que não possui impermeabilização e captação de chorume. A técnica consiste no preenchimento de valas escavadas com dimensões apropriadas, onde os resíduos são depositados sem compactação, e a sua cobertura com terra é realizada manualmente. Os equipamentos são imprescindíveis apenas na fase de abertura das valas.

Esse tipo de aterro não é aconselhado para comunidades que produzem mais que 10 toneladas de lixo por dia, uma vez que não existe compactação dos resíduos e dessa forma a área integral não é aproveitada.

A escavação das valas exige condições favoráveis, como profundidade do lençol freático, constituição do solo e outros. Fatores limitantes são os terrenos rochosos e arenosos, que dificultam a escavação e não apresentam coesão suficiente, causando o desmoronamento das paredes das valas.

A operação é bastante simples, os resíduos são descarregados pelo lado livre das valas, sem o ingresso dos veículos no seu interior; à medida que são depositados, os resíduos são nivelados e cobertos manualmente, utilizando-se a terra acumulada ao lado da vala. A cobertura dos resíduos deve ser diária ou de acordo

com a coleta realizada, para se evitar a proliferação de vetores ou mau cheiro.

Assim que a vala estiver totalmente preenchida, passa-se para outra, repetindo-se as mesmas operações. O nivelamento final da vala deve ficar numa cota superior a do terreno, prevendo-se prováveis recalques.

2.4. Instalações de apoio

As instalações de apoio são estruturas auxiliares que tem por objetivo garantir o funcionamento adequado do aterro, de acordo com CETESB (1997) são:

- Isolamentos: é imprescindível para a manutenção da ordem e do bom andamento das obras. A área deve ser cercada, impedindo a entrada de catadores, animais ou outros elementos que possam prejudicar o desenvolvimento dos serviços. Também é importante a implantação de uma cerca viva, composta por árvores e arbustos, para impedir a visualização do aterro, contribuindo para o aspecto visual.
- Portaria: sua função é controlar a entrada e saída de veículos, assim como dos materiais a serem aterrados.

- Estradas internas: têm como função permitir a interligação entre os diversos pontos da área do aterro, bem como garantir a chegada dos resíduos até os locais de descarga. Essas estradas devem ser capazes de suportar o trânsito mesmo em dias de chuva, recomenda-se utilizar brita ou cascalho para dar maior suporte ao solo.

2.5. Ações de Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de RSU

A etapa inicial de recuperação de áreas degradadas por disposição de RSU corresponde à avaliação das condições de comprometimento ambiental do local. Isto pode ser realizado através de análises das águas superficiais, subterrâneas e de sondagens para conhecimento do estágio de decomposição dos resíduos e das condições de estabilidade e permeabilidade do solo. Esta etapa busca determinar as vias potenciais de transporte dos contaminantes e os riscos ambientais à população e à ecologia.

A segunda etapa consiste na seleção de atividades remediadoras. Essas atividades têm o objetivo de reduzir a mobilidade, toxicidade e volume dos contaminantes e estabilização do solo. São adotadas, nesse contexto, ações de tratamento primário ou físico da área,

tratamento secundário e terciário, seguido do monitoramento ambiental da área. Ressalta-se que as intervenções para a recuperação de aterros também incluem o controle/gestão ambiental e a ocupação do solo de maneira lógica, prática e economicamente viável. Assim, simultaneamente ao processo de remediação, deve ser iniciada a implementação de um Programa de Gestão, seja do aterro sanitário revitalizado ou da área encerrada, compreendendo a drenagem de chorume, águas pluviais e gases (IPT, 1996).

Finalizando, tem-se o monitoramento ambiental. Nesta fase, considerada de grande importância no processo, é realizada a avaliação da influência do aterro sobre o meio ambiente e, principalmente, a aferição da eficiência do plano de recuperação do aterro nos três meios afetados pelos impactos do aterro (solo, água e ar). A realização do monitoramento indica a evolução do estágio de decomposição dos resíduos depositados e da eficiência no processo de inertização do maciço de lixo. O monitoramento constitui uma base para análise do comportamento de aterros de resíduos sólidos, além de fornecer dados essenciais ao seu tratamento, manutenção, ou mesmo sua possível operação (ALBERTE; CARNEIRO; KAN, 2005).

2.6. Requalificação da Área

Na recuperação de aterros objetivando o encerramento, independente do desempenho do tratamento dos resíduos, faz-se necessária à conformação da superfície final e dos taludes do aterro. Estes elementos se constituem em partes significativamente degradadas ao longo da operação do aterro, e compreendem, ao final de seu uso, nas áreas mais vulneráveis a recalques e erosões (IPT, 1996).

De acordo com Alberte; Carneiro; Kan (2005), para assegurar a estabilidade dos taludes sugere-se a adoção de uma inclinação máxima de 33% - inclinação padrão nos EUA. Havendo restrições de caráter espacial, faz-se necessária à realização de estudos especiais para subsidiar um dimensionamento adequado e seguro. Os taludes e patamares do aterro devem também, em toda a sua extensão, ser cobertos por vegetação adequada imediatamente após a sua construção. Essas ações devem iniciar logo no tratamento físico da área, à medida que sejam identificadas células de lixo a serem encerradas, visto que o ideal é promover o encerramento das obras à medida que o aterro se desenvolve.

A vegetação final a ser implantada provavelmente não será a mesma da vegetação pioneira. O objetivo da vegetação pioneira é de minimizar a erosão

com o rápido estabelecimento das raízes. Uma vez estabelecida à vegetação pioneira, a vegetação secundária, sucessiva e clímax devem requerer cada vez menos manutenção e menor demanda hídrica. Observa-se que o ambiente em questão é inadequado para boa parte da vegetação, sobretudo àqueles que possuem raízes profundas (ALBERTE; CARNEIRO; KAN, 2005). O uso de vegetação com raízes profundas, no entanto, pode ser viabilizado com a adição de uma camada mais profunda de terra, procedimento adotado na recuperação de aterros geralmente a fim de amenizar a estética visual de um espaço estéril e monótono.

A proposta de uso futuro da área deve considerar que os resíduos aterrados ainda permanecem em processo de decomposição após o encerramento das atividades por períodos relativamente longos, que podem ser superiores há 10 anos. Além disso, segundo a FEAM (1995) *apud* Alberte; Carneiro; Kan (2005), independente do encerramento das atividades de recuperação do aterro, os sistemas de drenagem superficial de águas pluviais e de tratamento dos gases e líquidos percolados devem ser mantidos por um período de cerca de 30 anos. Este período padrão é adotado por ser considerado suficiente para o maciço de lixo alcançar as condições de relativa estabilidade.

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

Segundo o IPT (1996), para uso futuro dos aterros é indicada a implantação de áreas verdes, com equipamentos comunitários como praças esportivas, campos de futebol e áreas de convívio, nos casos de aterros próximos a áreas urbanizadas. Em todos os casos, a requalificação do aterro deve integrar a área ao seu entorno, considerando-se, principalmente, as necessidades da comunidade local.

3. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foi realizado um diagnóstico ambiental da área do aterro, localizado no município de Santo Antônio

do Jardim - SP, com investigação preliminar do solo para se verificar as concentrações das substâncias no solo e água subterrânea, identificando a possibilidade de contaminação.

O aterro, com área total de 11.367,00 m², começou a ser operado no final do ano de 2002 e foi licenciado como aterro em valas, sendo permitida apenas a disposição de resíduos Classe II (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANTONIO DO JARDIM, 2008).

A Figura 1 ilustra a área a partir de fotografia aérea obtida pelo banco de dados do Google Earth (2008).



Figura 1 - Foto aérea mostrando a área do aterro.

Fonte: Google Earth (2008).

Os trabalhos de sondagens, análises de solo e levantamento planialtimétrico foram realizados por empresas contratadas pela Prefeitura Municipal.

Nesse contexto, o estudo foi dividido nas seguintes etapas:

1) Execução de Sondagens e Implantação dos Poços de Monitoramento: Foi estabelecida a

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

execução de 4 sondagens à percussão, de 4” de diâmetro, com realização de ensaio SPT (Standard Penetration Test – Ensaio de Resistência a Penetração). Nos 4 pontos foram instalados poços de monitoramento (PM) de 2” de diâmetro em Tubo Geomecânico. Na superfície foi construída, no nível do terreno, uma laje e caixa de

concreto para proteção do poço. As sondagens foram executadas até atingir o impenetrável ao SPT no topo rochoso. A Tabela 1 apresenta as informações básicas da construção dos poços de monitoramento.

Tabela 1 - Relação das características básicas dos poços de monitoramento (PM) instalados na área estudada

<i>PM</i>	<i>COTA DO PM (m)</i>	<i>PROFUNDIDADE PERFURAÇÃO (m)</i>
01	859,10	16,60
02	853,63	19,00
03	853,06	13,00
04	862,33	11,40

2) Coleta e Amostras de Solo e Água Subterrânea: Em cada poço de monitoramento foi coletada uma amostra de solo. Não foi coletada amostra de água subterrânea, sendo que o nível do lençol freático não foi encontrado. A cada metro perfurado foram coletadas amostras de solo para medição de compostos orgânicos voláteis e metano. A amostra selecionada

para análise química foi coletada na porção mais rasa do solo natural, desconsiderando zonas do aterro, devido a maior proximidade da fonte primária para possíveis contaminantes. A Tabela 2 apresenta as informações básicas das amostras de solo coletadas.

Tabela 2 - Relação das informações básicas das amostras de solo coletadas na área estudada

<i>SP</i>	<i>PROFUNDIDADE COLETA (m)</i>	<i>DATA DA COLETA</i>	<i>HORÁRIO DA COLETA</i>
01	2,5 – 3,5	30/11/2007	11:00 h
02	2,0 – 3,0	30/11/2007	10:45 h
03	3,0 – 4,0	01/12/2007	15:00 h
04	2,0 – 3,0	01/12/2007	15:30 h

3) Levantamento Planialtimétrico: Esta etapa teve como objetivo determinar a localização exata dos aspectos fisiográficos da área, servindo desta maneira de base cartográfica para o desenvolvimento das atividades no local. A planta demarca os limites da área do aterro, os poços de monitoramento (PMs) instalados, o sistema de drenagem de águas pluviais e demais aspectos existentes.

4) Análises Laboratoriais das Amostras de Solo: As análises do solo foram realizadas considerando os parâmetros definidos nos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises do Solo

Os 4 poços de monitoramento foram instalados dentro da área do aterro, mas fora da área de disposição dos resíduos. O ponto branco foi instalado a montante da área, para fins de comparação com as outras amostras, sendo este

denominado PM-04. Os demais poços foram distribuídos a jusante da área de deposição, próximos ao limite do aterro.

Como o aterro está inserido na zona rural, envolto por propriedades agrícolas, os limites da CETESB para comparação com resultados obtidos nas amostras coletadas correspondem aos de prevenção e intervenção para áreas agrícolas.

Durante a execução das sondagens foram efetuadas medições de compostos orgânicos voláteis (COVs) e metano, os resultados são apresentados na Tabela 3.

As análises realizadas nas amostras dos 4 poços de monitoramento apresentaram somente variações para os compostos inorgânicos, sendo que para as demais substâncias da tabela dos Valores Orientadores da CETESB não foi detectada a presença.

Considerando os inorgânicos, somente os compostos bário, cádmio e cobalto apresentaram valores acima do limite de prevenção da CETESB em alguns poços de monitoramento.

Tabela 3 - Análise da presença de Compostos Orgânicos e metano nos poços de monitoramento (PM) instalados na área estudada.

***	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
1,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
2,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
3,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
4,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*

Continuação Tabela 3

***	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
5,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
6,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
7,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
8,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
9,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
10,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
11,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
12,0 m	ND*	ND*	ND*	ND*
13,0 m	ND*	ND*	ND*	
14,0 m	ND*	ND*		
15,0 m	ND*	ND*		
16,0 m	ND*	ND*		
17,0 m		ND*		
18,0 m		ND*		
19,0 m		ND*		

Obs.: *** Profundidade da Amostra; ND* = Não Detectado Unidade = ppm

Os limites ultrapassados foram para os seguintes compostos nos poços de monitoramento:

- **Bário:** PM-01 com 203,50 mg/kg e PM-02 com 150,30 mg/kg, ultrapassando o limite de prevenção que é de 150 mg/kg para esse composto. Para os demais poços os valores ficaram abaixo do limite de quantificação.
- **Cádmio:** PM-01 com 2,36 mg/kg, PM-02 com 2,52 mg/kg e PM-03 com 3,65 mg/kg, sendo que para os PM-01 e PM-02 o valor de prevenção foi ultrapassado, que é 1,3 mg/kg. Já para o PM-03 foi ultrapassado o

limite de intervenção para área agrícola, que é 3,0 mg/kg Para os demais poços os valores ficaram abaixo do limite de quantificação.

- **Cobalto:** PM-03 com 27,30 mg/kg, ultrapassando o limite de prevenção que é de 25 mg/kg para esse composto. Para os demais poços os valores ficaram abaixo do limite de quantificação.

A Tabela 4 apresenta os resultados analíticos dos compostos inorgânicos para as amostras de solo coletadas na área estudada, comparando com os limites de referência, prevenção e intervenção estabelecidos pela CETESB.

profundidades, muitas vezes nem ocorrendo.

4.2. Análise da Água Subterrânea

Não foi encontrado o nível de água subterrâneo na execução das sondagens, sendo atingido o impenetrável em todos os poços no contato solo/rocha, devido à localização do aterro ser em um topo de morro, onde geralmente o nível de água subterrânea está em grandes

Ressalta-se, ainda, que os estudos de campo foram desenvolvidos em dezembro, período com a maior concentração de chuvas na região, ou seja, quando o nível de água subterrânea apresenta-se mais próximo da superfície, indicando a alta profundidade do lençol freático.

Tabela 4 - Resultados das análises de solo nos poços de monitoramento da área estudada, considerando somente os compostos inorgânicos

Substância (mg/kg)	Ref. de Qualidade (mg/kg)	Prevenção (mg/kg)	Intervenção (mg/kg)			Resultados Analíticos das Amostras (mg/kg)			
			Agrícola APMax	Residencial	Industrial	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
Alumínio	-	-	-	-	-	4.504,00	5.589,00	5.908,00	2.571,00
Antimônio	<0,5	2	5	10	25	0,861	ND	0,178	ND
Arsênio	3,5	15	35	55	150	ND	ND	ND	ND
Bário	75	150	300	500	750	203,50**	150,30**	89,40	86,40
Boro	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND
Cádmio	<0,5	1,3	3	8	20	2,36**	2,52**	3,65*	0,970
Chumbo	17	72	180	300	900	8,35	7,67	11,8	12,10
Cobalto	13	25	35	65	90	21,80	5,89	27,30**	4,88
Cobre	35	60	200	400	600	13,00	23,30	15,40	4,76
Cromo	40	75	150	300	400	6,32	3,95	7,60	1,49
Ferro	-	-	-	-	-	10.530,00	20.630,00	35.530,00	8.747,00
Manganês	-	-	-	-	-	1.137,00	217,20	169,70	192,8
Mercurio	0,05	0,5	12	36	70	ND	ND	ND	ND
Molibdênio	<4	30	50	100	120	ND	0,127	ND	ND
Níquel	13	30	70	100	130	11,70	20,70	15,50	5,17
Nitrato (como N)	-	-	-	-	-	12,40	10,00	28,50	20,50
Prata	0,25	2	25	50	100	ND	ND	ND	ND
Selênio	0,25	5	-	-	-	ND	ND	ND	ND
Vanádio	275	-	-	-	-	36,00	57,50	78,60	12,40
Zinco	60	300	450	1.000	2.000	59,4	18,40	27,40	18,20

* acima do limite de intervenção; ** acima do valor de prevenção.

4.3. Integração dos Resultados Obtidos

Os resultados obtidos demonstram que a área apresenta valor acima de prevenção para o solo no caso do Bário, Cádmio e Cobalto, sendo que para o

Cádmio foi obtido valor acima do limite de intervenção para áreas agrícolas.

Ressalta-se que nesses casos todos os valores encontrados foram em poços à jusante do aterro. No poço à montante não

foram obtidos valores acima dos limites da CETESB para nenhum dos compostos.

Nesse sentido, os resultados encontrados para os citados compostos podem estar ligados ao processo de lixiviação dos resíduos pela água da chuva. Entretanto, outros pontos do solo devem ser analisados para verificar se a concentração encontrada não é natural do solo local.

Portanto, deve-se desenvolver investigação confirmatória conforme procedimentos estabelecidos pela CETESB, focando a questão das possíveis fontes primárias e secundárias dos compostos inorgânicos presentes nas amostras analisadas, verificando as seguintes hipóteses sobre as concentrações acima do limite de intervenção para o solo: a) causada devido à lixiviação dos resíduos e concentração no solo a jusante do aterro e; b) ocasionada pela composição química natural do solo.

Em relação à exposição da população do entorno que é formada por proprietários rurais, que desenvolvem atividades de pecuária e cafeicultura, vale ressaltar que a principal via de exposição que pode causar danos a humanos adultos, considerando os compostos encontrados, é a ingestão de água e alimentos.

Contudo, destaca-se que as plantações de café estão localizadas

próximo ao limite montante do aterro, ocorrendo no limite jusante somente pastagem. Além disso, não foi encontrado nível de água subterrâneo abaixo do aterro, o que dificulta uma possível percolação dos compostos no subsolo.

Nos estudos posteriores deve-se verificar a existência de poços do tipo cacimba a jusante do aterro que possam ser usados por proprietários rurais para consumo humano ou de animais.

4.4. Plano de Fechamento do Aterro

Após o fechamento do aterro nenhuma atividade poderá ser desenvolvida no local, mantendo o aterro como área em recuperação.

O terreno precisa ter sua inclinação suavizada, formando taludes com inclinação máxima de 17°.

Existe somente uma canaleta de coleta e drenagem de águas pluviais implantada no limite oeste do aterro. Entretanto, ao longo de todo o limite do aterro devem ser implantadas canaletas de drenagem para evitar que as águas pluviais percolem dentro da área, o que pode aumentar a produção de chorume. As canaletas foram projetadas para terem 1,0 m (metro) de largura e 0,40 m (metro) de profundidade.

Nas porções à jusante devem ser implantados tanques de contenção e

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

sedimentação para diminuir a velocidade das águas e possibilitar a deposição dos sedimentos em suspensão nas águas pluviais.

Para cálculo das dimensões dos tanques foi realizado um estudo hidrológico da área do aterro e vazão média de operação dos tanques, sendo que o volume total calculado foi 2,0 m³ para um tempo de concentração de 90 segundos, foi utilizado um período de retorno de 100 anos.

Após a reconfiguração do terreno e implantação das canaletas e tanques de decantação, devem ser plantadas gramíneas em toda a área do aterro. Nenhum tipo de vegetação arbórea pode ser implantado no local, somente nos seus limites.

Na área devem ser mantidas placas indicativas de “área em recuperação ambiental – proibida a entrada”, com os dados da Prefeitura Municipal e do processo da CETESB. A área deve ser mantida cercada e com porteira, permitindo somente a entrada de pessoas autorizadas.

Após a implantação das ações de encerramento do aterro deverá ser colocado em prática o plano de monitoramento.

Como propostas de monitoramento da área a Prefeitura Municipal de Santo Antonio do Jardim deverá manter plano de

acompanhamento, no mínimo, semestral, verificando os seguintes aspectos:

- medição in situ da presença de metano e compostos orgânicos voláteis. Caso sejam encontrados níveis acima do permitido, que possam causar explosões deverá ser apresentado imediatamente à CETESB plano emergencial para intervenção no aterro para remoção dos gases;
- verificação da estabilidade do terreno em relação a processos erosivos e movimentação da massa de resíduos, buscando indícios de trincas, afundamentos ou bolsões no terreno, exposição do solo e/ou lixo, entre outros aspectos visuais. Caso seja identificado alguns desses processos deverá ser implantada intervenção para controle dos mesmos;
- acompanhamento do crescimento das gramíneas, que em caso de identificação de locais com exposição do solo, deverá ser refeito o plantio;
- acompanhamento topográfico do aterro para verificar indícios de movimentações horizontais ou verticais, que podem indicar deslocamento da massa de resíduo;

- verificação do funcionamento das canaletas de drenagem e tanques de decantação. Caso seja identificado algum problema, deve-se realizar imediatamente o reparo. Também periodicamente deverá ser feita a limpeza dos tanques de decantação para remoção do solo.

A Figura 2 apresenta a planta de configuração final do aterro em uma escala reduzida.

5. CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados na área estudada, ficam as seguintes conclusões:

- a partir dos resultados obtidos pode-se concluir que área apresenta valores no solo acima do limite de intervenção para áreas agrícolas estabelecidas pela CETESB para o composto Cádmio, obtido no PM-03. Também foram ultrapassados os limites de prevenção para bário, cádmio e cobalto nos

poços de monitoramento situados a jusante do aterro.

- no PM-04, poço a montante, nenhum dos compostos teve resultados acima dos limites da CETESB. Portanto, deve-se verificar duas hipóteses nos estudos posteriores, se esses valores são causados: pela lixiviação dos resíduos e concentração no solo a jusante do aterro ou pela composição química natural do solo

- no local não foi encontrado nível da água subterrânea, portanto, se ocorrer a contaminação do solo, a mesma deve estar controlada dentro da área do aterro. Também não foi encontrada nenhuma concentração de metano e de Compostos Orgânicos Voláteis (COV).

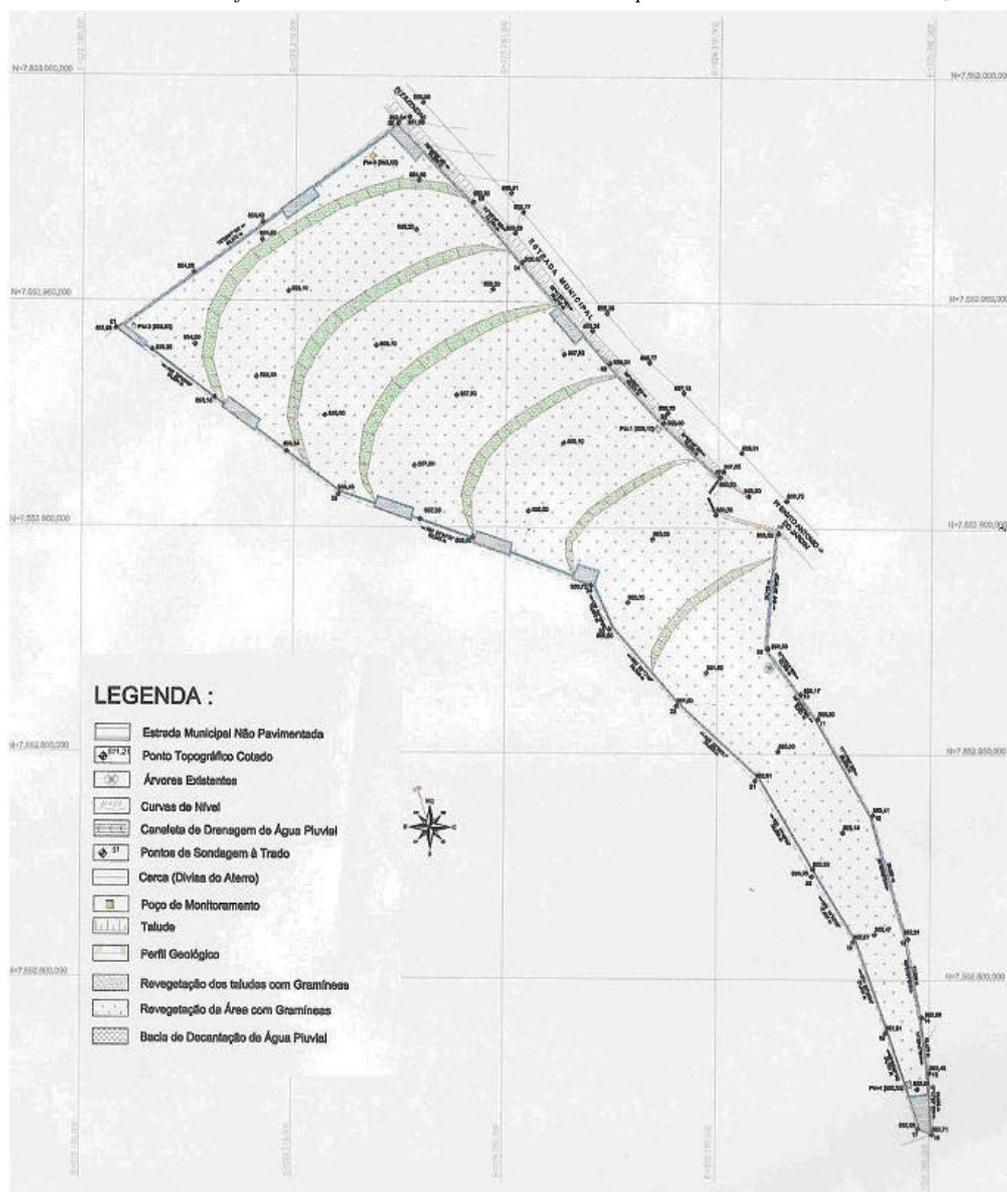


Figura 2 - Planta de Configuração Final.

6. RECOMENDAÇÕES

O presente relatório recomenda a realização de uma investigação confirmatória, a qual deve abranger no mínimo os seguintes estudos:

- Confirmação do *background* regional, analisando pontos a montante do aterro que não tiveram deposição de resíduos;
- Monitoramento do nível de metano no solo e de compostos orgânicos voláteis.

Considerando os serviços de fechamento do aterro devem ser desenvolvidos os seguintes:

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

- Implantação de canaletas de drenagem das águas pluviais e tanques de decantação ao longo de todo o limite do aterro;
- Reconfiguração do terreno com nivelamento da inclinação do mesmo e implantação de taludes suaves;
- Implantação de gramíneas em toda a área do terreno.
- Implantação de placas informativas do empreendimento e de proibição de entrada de pessoas não autorizadas.

A partir da implantação de todas as atividades de encerramento do aterro, a Prefeitura Municipal de Santo Antonio do Jardim deverá iniciar o plano de monitoramento, conduzindo o mesmo até a confirmação da completa recuperação do local.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos** - Procedimentos. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004- Resíduos sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ALBERTE, Elaine P. V. **Análise de técnicas de recuperação de áreas degradadas por disposição de**

resíduos sólidos urbanos: lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Salvador: Faculdade de Tecnologia e Ciências, 2003.

- ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. *Diálogos & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana*. Ano III, n.5, jun. 2005. Disponível em <<http://www.ftc.br/revistafsa>>. Acesso em: 19 mar. 2008.

- AMBIENTE BRASIL. **Coleta e disposição final do lixo**. 2008. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 27 fev. 2008.

- CASTILHOS JUNIOR, A. B. *et al.* **Resíduos sólidos urbanos:** Aterros sustentáveis para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Aterros Sanitários em Valas**. São Paulo, 1997.

- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas**

Neppi, D. L. M.. et al./ Plano de fechamento de aterro em valas do município de Santo Antonio do Jardim, São Paulo

no Estado de São Paulo. São Paulo, 2005.

<<http://www.revistasustentabilidade.com.br>>. Acesso em: 27 fev. 2008.

FEAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Como destinar os resíduos sólidos urbanos.** Belo Horizonte: FEAM, 1995.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANTONIO DO JARDIM. **Banco de Dados Municipal.** Santo Antônio do Jardim/SP. 2008.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo Municipal:** Manual de gerenciamento integrado. Coordenação: JARDIM, N. S. et al. São Paulo: CEMPRE, 1996.

RODRIGUES, F. L.; CAVINATTO, V. M. **Lixo:** de onde vem? Para onde vai?. 2.ed. São Paulo: MODERNA, 2003.

PAVAN, M. O. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. **Revista Sustentabilidade.** S.d. Disponível em

SMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO. Resolução SMA 13, de 27 de fevereiro de 1998. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares.** São Paulo. 1998.