

ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO: UMA ALTERNATIVA PARA CIDADE DE PEQUENO PORTE.

Romildo José de SOUZA (1), Paulo Jorge de OLIVEIRA (2)

(1) NPDesign/CEFET-AL, Rua Hugo Correia Paes, 441, Edifício Rechellieu, Apto 303, (82) 99716035,
e-mail:rjsouza@cefet-al.br;

(2) NPDesign/CEFET-AL, Rua Francisco Leão, 1038, (82) 99120977, e-mail:pjoliveira@cefet-al.br.

RESUMO

Este trabalho faz parte das atividades dos autores como pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Desing – NPDesing do Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas – CEFET-AL. É uma pesquisa bibliográfica, que levantará os tipos de aterro sanitário que poderá ser utilizados em cidade de pequeno porte ou em localidades que a produção diária de lixo por habitante não ultrapasse 0,60 kg. Neste trabalho, cujo título é Aterro Sanitário Simplificado: Uma Alternativa para Cidade de Pequeno Porte, tem como objetivo levantar os parâmetros técnico, ambiental do aterro sanitário simplificado ou manual - ASS. Este tipo de aterro sanitário tem custo bem menor que os aterros tradicionais, tanto no projeto, na implantação e no gerenciamento. O ASS está sendo utilizado nos estados de São Paulo e Bahia, com a finalidade de diminuir o quadro nos municípios de pequeno porte no qual 80% desses municípios despejam seus resíduos sólidos em local a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas. O aterro sanitário simplificado ou manual consiste em uma obra de engenharia que contempla três etapas: a escolha do terreno, a elaboração do projeto de engenharia; o gerenciamento do aterro sanitário. As duas primeiras etapas consistem em utilizar uma área plana no qual deve ser utilizado parâmetro técnico de um aterro sanitário pelo método da trincheira. A última etapa, o gerenciamento, consiste em adaptar ou substituir procedimentos e equipamentos utilizados na operação de aterro sanitário convencional. Neste trabalho, serão utilizados como procedimentos metodológicos: pesquisas bibliográficas e análise de projetos de aterro sanitário simplificado em operação nos estados de São Paulo, Bahia e pesquisados pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Utilizaremos como instrumento de coleta de dados o fichamento bibliográfico e a observação dos projetos dos aterros sanitários. Os dados serão analisados, comparando-os e confrontando-os com parâmetros técnicos adotados nas normas técnicas brasileiras referentes ao tema.

Palavras-chave: aterro sanitário simplificado, cidade de pequeno porte.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho vem apresentar uma alternativa para a disposição final do lixo em cidade de pequeno porte, que no Brasil são aproximadamente 4500 municípios, no qual cerca de 70% dispõem seu lixo a céu aberto, em vazadouros ou lixões. Desta forma, o resultado deste trabalho mostra que existe alternativa de aterros sanitários onde o seu custo de implantação e de operação são compatíveis com os recursos destinados à disposição final de lixo para os municípios de pequeno porte ou que geram entorno de 0,6 kg de lixo por habitante. A adoção de tal alternativa poderá representar a diferença em se ter os resíduos sólido gerados pelo município, acondicionados em um local devidamente adaptado e dimensionado para o correto armazenamento, ou simplesmente, acumulado em um determinado local, podendo vir em um futuro próximo causar sérios transtornos à população ali residente.

2. ATERRO SANITÁRIO

Neste trabalho utilizaremos duas definições de aterro sanitário. A primeira de Monteiro et al (2001, p. 150) que define aterro sanitário como um método de disposição final de resíduo sólido urbano sobre terreno natural que aplica normas operacionais que evita danos ao meio ambiente e principalmente a saúde e a segurança pública.

A segunda definição é da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia – CONDER (s.d, p.9) no qual diz que aterro sanitário é um equipamento projetado para receber e tratar o lixo produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente.

O que podemos destacar nos dois trabalhos é a afirmação que o aterro sanitário é a alternativa de tratamento de resíduos sólidos urbano mais econômica e de fácil gerenciamento. Porém Monteiro et al (2001, p.149), alerta que um grande número de municípios brasileiros tem orçamento restrito, deixando em segundo plano a disposição final e dando prioridade à coleta e à limpeza pública.

A estrutura de um aterro sanitário é constituída de duas unidades. A primeira é denominada de unidade operacional e se constitui de células de lixo domiciliar, impermeabilização de fundo e superior da célula, sistema de coleta e tratamento do chorume, sistema de coleta e beneficiamento do biogás, sistema de drenagem das águas pluviais, sistema de monitoramento ambiental, topográfico, geotécnico e pátio de estocagem de materiais. A segunda é chamada de unidade de apoio e é constituída de cerca e barreira vegetal, estrada de acesso e de serviço, sistema de controle de resíduos com balança rodoviária, guarita de entrada e prédio administrativo, oficina e borracharia (MONTEIRO, 2001). A figura 1 ilustra a estrutura de um aterro sanitário.

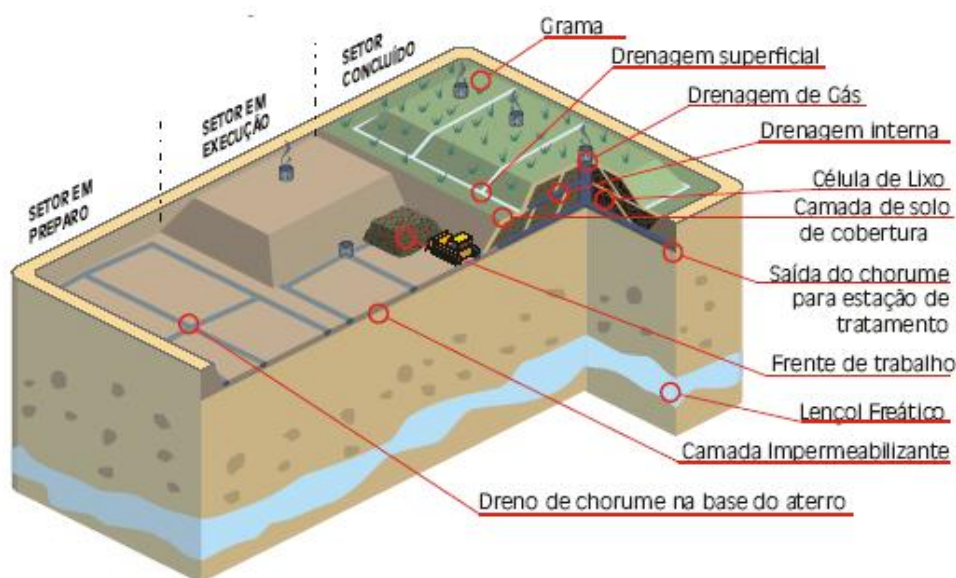


Figura 1 – Estrutura de aterro sanitário

Fonte: CONDER (s.d, p.9)

As etapas para a elaboração de um aterro sanitário são constituídas de processo de seleção de áreas, licenciamento ambiental, projeto executivo, implantação e operação do aterro sanitário.

Os métodos de aterramento tradicionais segundo CEMPRE (2002) são o método da trincheira, método da área e o método da rampa como pode ser visualizado na figura 2.

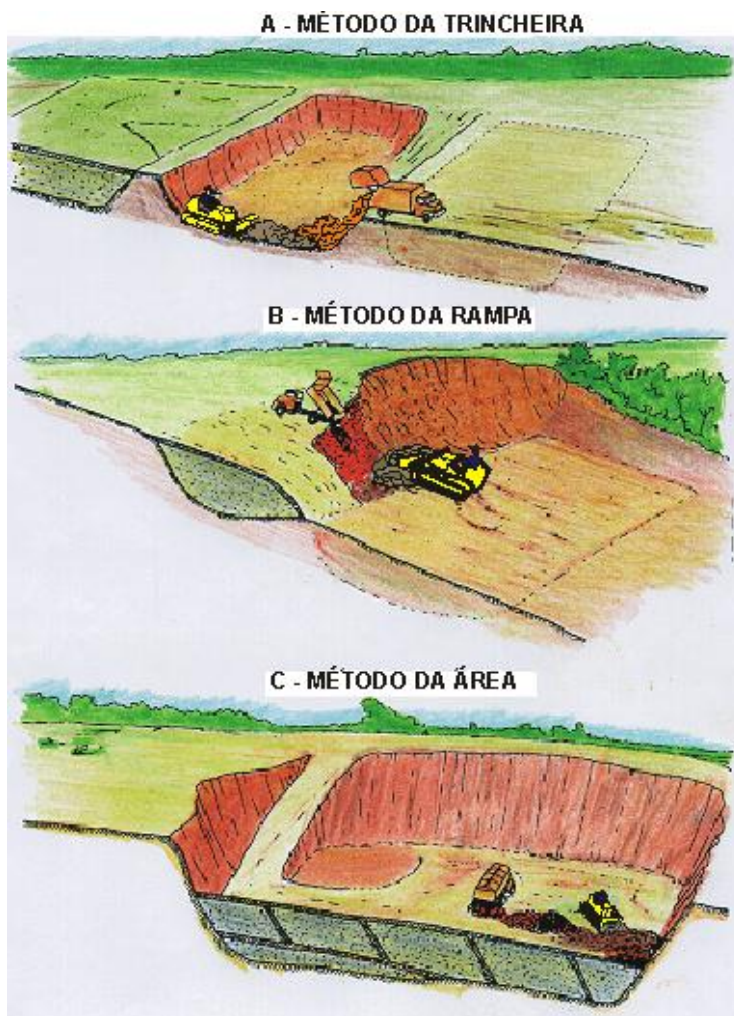


Figura 2 – Métodos de aterramento de lixo

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res14.html>

2.1. Aterro Sanitário Sustentável

Dentre os trabalhos desenvolvidos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB (2003), utilizaremos o trabalho dos pesquisadores Gomes e Martins, cujo título é **Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte** no qual descreve com bastante clareza um projeto para aterro, em que os autores denominarão de aterro sustentável para pequenas comunidades.

Para Gomes e Martins (2003, p. 51) os municípios de pequeno porte, em razão da pequena quantidade de resíduos gerados diariamente, devem utilizar sistemas de disposição final simples, como a operação em trincheiras. Os autores estudaram os aterros sustentáveis, que consiste em pequenas variações em termos de características de implantação ou na operação em relação aos aterros sanitários convencionais.

No trabalho de Gomes e Martins (2003) para a concepção do aterro sanitário sustentável a estruturação foi definida como estudos preliminares, seleção de áreas, projeto, implantação e operação. No quadro 1 temos a estruturação do aterro sanitário sustentável e a figura 3 ilustra a modificação pretendida no aterro sanitário sustentável proposto pelos citados autores.



Figura 3 – Rolo manual compactador

Fonte: Gomes e Martins (2003)

Quadro 1 –Estruturação do aterro sanitário sustentável

Estruturação	Descrição
Estudos preliminares	Levantamento das informações pertinentes para definir o sistema adotado para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Nesta etapa deve ser feita a caracterização do município e o diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos.
Seleção de áreas	Para definição da área utiliza as seguintes características: ambiental, uso e ocupação do solo e operacionais. Cada característica tem um conjunto de critérios para serem pontuados. Para o aterro sanitário sustentável o tipo de área indicada são as planas, para pode utilizar o método operacional da trincheira.
Projeto	Esta etapa consiste no detalhamento, descrição e discussão das alternativas de projeto adotadas para os aterros sustentáveis. O projeto de aterro sanitário sustentável é constituído de memorial descritivo, elementos do projeto e monitoramento das águas do subsolo. Nesta fase devem-se fazer as variações ou modificações construtivas necessárias em relação ao aterro sanitário convencional.
Implantação	Esta etapa consiste em executar o projeto de aterro sustentável. As etapas são limpeza da área e terraplanagem, levantamento topográfico, escavação de uma trincheira, impermeabilização do fundo e lateral da trincheira, espalhamento de brita no fundo da trincheira, colocação da tubulação para drenagem do chorume, colocação dos drenos de gás, execução de poços de monitoramento, cobertura provisória para a etapa de preenchimento da trincheira.
Operação	Descarga, preenchimento, espalhamento e compactação das trincheiras. Nesta fase devem-se fazer modificações operacionais necessárias em relação ao aterro sanitário convencional, especialmente na troca de máquinas por ferramentas manuais.

Fonte: Gomes e Martins (2003)

2.2. Aterro Sanitário Manual

A CONDER (s.d) desenvolveu para os municípios baianos, um aterro sanitário manual simplificado, pois na maioria dos municípios baianos os resíduos sólidos urbanos coletados eram lançados a céu aberto. Inicialmente, o aterro sanitário simplificado foi idealizado para a cidade de Macarani, devido à destinação final dos resíduos sólidos desta cidade ser feita em lixões por mais de uma década e sem nenhum critério técnico.

A estruturação de um aterro sanitário que atendesse as pequenas cidades na Bahia ficou a cargo da CONDER. A estrutura estabelecida foi estudo preliminar da gestão dos resíduos urbanos na cidade, estudo

de seleção de área, licença ambiental simplificada, projeto modular, implantação e operação. O quadro 2 retrata a estruturação e as características do aterro simplificado manual da CONDER e a figura 4 mostra a vala única do aterro sanitário manual de Macarani.



Figura 4 – Vala do aterro sanitário manual de Macarani

Quadro 2 –Estruturação do aterro sanitário simplificado manual

Estruturação	Descrição
Estudos preliminares	Levantamento da caracterização do município e o diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos.
Estudo da seleção de áreas	Utiliza o método operacional da trincheira e adota a metodologia de seleção do IBAM.
Licença ambiental simplificada	Licença da pelo Centro de Recursos Ambientais do Estado da Bahia que autoriza o município a operar o aterro sanitário simplificado manual.
Projeto modular	O projeto de aterro sanitário manual é constituído de memorial descritivo, elementos do projeto. Os elementos do projeto são idealizados em módulo. Os módulos são: vala única, guarita de entrada, sanitário e sala para a administração, vala para resíduo de saúde, via de acesso com cascalho para a vala, galpão de triagem, área de compostagem, cercamento da área e portão de acesso, drenagem pluvial, drenagem do chorume através da infiltração no solo, paisagismo onde estão sendo plantadas árvores no entorno do aterro.
Implantação	As etapas de implantação são limpeza da área e terraplanagem, levantamento topográfico, escavação das valas, impermeabilização do fundo e lateral das valas, execução da drenagem pluvial, colocação da tubulação para drenagem do chorume, cobertura provisória para a etapa de preenchimento das valas.
Operação	Descarga, triagem (separação entre materiais recicláveis, orgânicos e refugo ou contaminado), preenchimento, espalhamento e compactação das trincheiras. Nesta fase devem-se fazer modificações operacionais necessárias em relação ao aterro sanitário convencional, especialmente na troca de máquinas por ferramentas manuais.

Fonte: CONDER (s.d)

2.3. Aterro Sanitário em Valas

Para a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – CETESB (2005) o maior problema encontrado pelos municípios de pequeno porte são os escassos recursos financeiros para a construção de aterros sanitários é o da disponibilidade de equipamentos para a sua operação. Os tratores de esteiras, utilizados nos aterros, têm custo de aquisição e manutenção muito altos. Desta forma a CETESB desenvolveu um tipo de aterro, para ser aplicado a pequenas comunidades, que foi denominado de aterro sanitário em valas e operados sem a utilização de equipamentos de porte.

Para a CETESB (2005, p.7) o aterro em vala é uma técnica que consiste no preenchimento com lixo, as valas escavadas com dimensões determinadas. O lixo é depositado sem compactação e a cobertura é feita

diariamente com solo e compactado manualmente. No quadro 3 descrevemos a estruturação do aterro sanitário em valas e na figura 5 podemos observar o citado aterro.

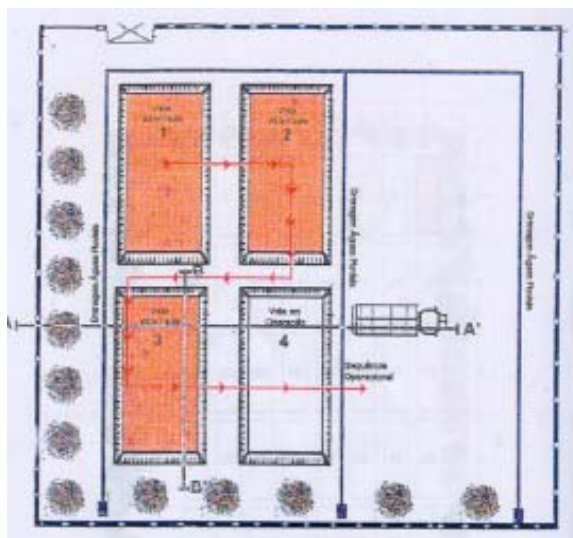


Figura 5 – Aterro sanitário em valas

Fonte: CETESB (2005)

Quadro 3 –Estruturação do aterro sanitário em valas

Estruturação	Descrição
Critérios para seleção de áreas	O terreno deve ter uma topografia plana com inclinação máxima de 10%. Além da topografia os critérios são os seguintes: dimensões, solo, proteção contra enchentes, distâncias de corpos d'água, profundidade do lençol freático, distância de residências e ventos predominantes.
Cálculo da área do empreendimento	O aterro em vala considera os seguintes parâmetros para definir o tamanho da área: população, quantidade de lixo gerado por dia, período administrativo (vida útil do aterro), peso específico do lixo. Padronização da largura e altura (3.00 metros). A área total é aproximadamente duas vezes a área das valas.
Projeto	O projeto de aterro sanitário em valas é constituído de memorial descritivo, elementos do projeto. Os elementos do projeto são: instalações de apoio, medidas de proteção ambiental, impermeabilização do solo.
Licenciamento ambiental	O processo de licenciamento ambiental é feito pelo sistema de licenciamento simplificado da CETESB.
Implantação	A implantação do projeto é feita em duas fases. A primeira compreende limpeza do terreno, cercamento da área e portão de entrada e saída, proteção vegetal, portaria, acessos, área para manobras e estacionamento, drenagem superficial, instalação de marcos de referências. A segunda fase compreende limpeza do terreno, implantação de acessos provisórios, drenagem superficial e proteção com grama, escavação e reaterro de valas.
Operação	A operação do aterro sanitário em valas consiste em controle de acesso ao aterro, disposição dos resíduos, controle de aves e encerramento do aterro.

Fonte: CETESB (2005)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizamos como delimitação espacial deste trabalho o aterro sanitário sustentável do PROSAB, o aterro sanitário manual da CONDER e o aterro sanitário em valas da CETESB, bem como a estrutura de aterro sanitário convencional proposto por Monteiro et al e CEMPRE.

A seqüência metodológica desenvolvida neste trabalho foi à pesquisa bibliográfica que levantou os tipos de aterro sanitário que poderiam ser utilizados em cidade de pequeno porte ou em localidades que a produção

diária de lixo por habitante não ultrapasse 0,60 kg e foi observada a estruturação destes modelos de aterro sanitário.

Utilizamos como instrumento de coleta de dados o fichamento bibliográfico e a observação dos projetos dos aterros sanitários.

4. ATERRO SANITÁRIO SIMPLIFICADO

O aterro sanitário simplificado tem a mesma estruturação do aterro sanitário convencional, o que os diferem é a utilização de materiais construção de custo mais baixo, métodos de impermeabilização que utilize recursos naturais e substituição de máquinas pesadas por equipamentos manuais ou de baixo custo de aquisição.

Os aterros sanitários idealizados para cidades de pequeno porte apresentados neste trabalho têm uma variação na sua estruturação. O aterro sanitário manual da CONDER não possui na sua estrutura o sistema de drenagem e tratamento do biogás, já o aterro sanitário em valas da CETESB não tem a drenagem do chorume e nem a drenagem e tratamento do biogás. O aterro sanitário do PROSAB possui sua estruturação mais próxima do aterro sanitário convencional. Nas três opções apresentadas à escolha da área é um ponto comum e busca o mesmo método de aterramento do lixo que é a trincheira ou vala. Outro ponto comum é que nenhum dos trabalhos apresentou um modelo de controle da entrada do lixo no aterro, pois uma balança rodoviária consumiria boa parte dos recursos para implantação do aterro sanitário.

Nos quadro 4, descrevemos a estruturação de um aterro sanitário simplificado para uma cidade em que a geração diária de lixo é de no máximo 0,6 kg.

Quadro 4 –Estruturação do aterro sanitário simplificado

Estruturação	Composição - Descrição	Elementos a modificar
Estudos preliminares	1. Caracterização do município ou comunidade; 2. Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbano; 3. Determinação do tamanho da área; 4. Indicação das áreas; 5. Seleção da área.	Para a caracterização e diagnostico por razões econômica e confiabilidade técnica deve ser usada dada do IBGE ou da Secretaria de Planejamento do Estado. O cálculo da área deve ser adotado o CETESB (2005). As áreas indicadas devem ser institucionais ou de pouco valor econômico. A seleção da área deve ser a adotada em Monteiro et all (2001).
Licença ambiental	6. O processo de licenciamento ambiental deve seguir o sistema de licenciamento do órgão ambiental competente.	O órgão ambiental estadual deve criar mecanismo de licenciamento ambiental simplificada para este tipo de empreendimento, como os já existentes nos estados de São Paulo e Bahia.
Elementos de projeto	7. Células de lixo domiciliar; 8. Célula de lixo da saúde; 9. Impermeabilização de fundo e superior da célula; 10. Sistema de coleta e tratamento do chorume; 11. Sistema de coleta e beneficiamento do biogás; 12. Sistema de drenagem das águas pluviais; 13. Sistema de monitoramento ambiental, topográfico, geotécnico; 14. Pátio de estocagem de materiais; 15. Cerca e barreira vegetal; 16. Estrada de acesso e de serviço 17. Sistema de controle de entrada do lixo; 18. Guarita de entrada; 19. Prédio administrativo, oficina e borracharia.	Os elementos de projetos devem seguir a norma NBR 8419. As variações devem ser feitas nas especificações de materiais e serviços. Como exemplo de uma variação na especificação de material é o sistema de coleta de biogás que pode ser feito com material reciclável.

Quadro 4 –Estruturação do aterro sanitário simplificado (continuação)

Estruturação	Composição - Descrição	Elementos a modificar
Implantação	20. Limpeza da área; 21. Terraplanagem; 22. Levantamento topográfico; 23. Instalação de marcos de referências; 24. Escavação das valas; 25. Impermeabilização do fundo e lateral das valas; 26. Execução da drenagem pluvial; 27. Execução da drenagem do chorume, 28. Execução da drenagem do biogás; 29. Cobertura provisória para a etapa de preenchimento das valas.	A limpeza da área e a terraplanagem devem ser feitas com equipamento convencionais como trator de lâmina, pá carregadeira e caminhão basculante. O levantamento topográfico deve ser feito por profissional habilitado. A escavação da vala deve ser feita de forma manual ou mecânica caso a prefeitura tema escavadeira. Impermeabilização do fundo e lateral das valas, execução da drenagem pluvial, execução da drenagem do chorume, execução da drenagem do biogás e a cobertura provisória deve seguir as orientações de Gomes e Martins (2003).
Operação	30. Descarga; 31. Preenchimento; 32. Espalhamento; 33. Compactação do lixo na vala; 34. Compactação da camada de solo intermediária; 35. Controle de aves; 36. Compactação da camada de solo final; 37. Encerramento do aterro.	Todo o procedimento operacional deve ser feito manualmente.

4.1. Operação do Aterro Sanitário Simplificado

O aterro sanitário simplificado deve ter sua operação realizada de forma manual. Souza e Queiroz (2007) dividem a operação do aterro em rotina diária, rotina de manutenção e monitoramento.

A rotina diária consiste no controle de entrada do lixo e sua descarga do resíduo sólido urbano. O caminhão deve fazer a descarga e os funcionários que farão o espalhamento, compactação dos resíduos e cobertura diária com solo compactado. Deve-se utilizar o rolo compactado manual ou pilões para compactar o lixo. Ressaltamos que os funcionários que desempenharem esta função deverão trabalhar com equipamentos de proteção individual.

No final do dia, os resíduos compactados deverão receber uma cobertura de terra, espalhada com pá, enxada ou chibanca e compactada com rolo manual em movimentos de baixo para cima ou pilões.

À medida que as camadas de lixo forem formando as células, será necessária a construção de drenos internos horizontais e verticais, os quais devem ser interligados, para melhor eficiência na drenagem dos gases e chorume, gerados na decomposição do lixo.

A etapa rotina operacional diária deverá ser executada, até que todo o aterro seja esgotado. Após o esgotamento do aterro, procede-se a cobertura final.

A etapa de manutenção deve ser subdividida em manutenção da vias, drenagem e equipamentos. A manutenção de vias, bem como a drenagem deve ter uma rotina de inspeção uma vez por semana. Caso seja detectado algum dano, executar imediatamente os serviços necessários.

A manutenção dos equipamentos consiste em verificar periodicamente o estado da ferramenta, para providenciar seu conserto ou substituição.

A etapa do monitoramento consiste em avaliar a eficiência do aterro, em relação a sua operação e ao controle ambiental. O monitoramento consiste em verificar o lençol freático e as águas superficiais, que será feito através da coleta e análise de amostra. Para o monitoramento do lixo que chega ao aterro, deve ser feito ensaios que possam caracterizar o tipo e natureza do resíduo, bem como a quantidade produzida na cidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho vem contribuir para que as cidades de pequeno porte possam optar pelo aterro sanitário simplificado, pois apresentamos três opções de aterro sanitário considerado simplificado e propomos uma quarta opção que trabalha basicamente a substituição de alguns materiais de construção, por materiais recicláveis e opta pela execução manual da operação. Desta forma, os pequenos municípios podem equacionar a falta de recursos para construir e operar aterros sanitários, tendo também, a possibilidade de, a baixo custo, capacitar tecnicamente os projetistas e os gerentes do aterro sanitário.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento**. 2º ed. Brasília: CEMPRE, 2002.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA – CONDER. **Manual de Operação de Aterros Sanitários**. [s/d]. Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf>. Acesso em 08/03/2007.

_____. **Destinação final adequada do lixo urbano para municípios de pequeno porte: o exemplo de Macarani**. [s/d]. Disponível em: <<http://www.conder.ba.gov.br/macarani.htm>>. Acesso em 08/03/2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Procedimento para Implantação de Aterro Sanitário em Valas**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/valas/proced_implantacao/proc_implant.pdf>. Acesso em 06/02/2007.

GOMES Luciana Paulo e MARTINS Flávia Burmeister. Projeto, Implantação e Operação de Aterros Sustentáveis de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios de Pequeno Porte. In: CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de (Organizador). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. Disponível em: <<http://finep.gov.prosab/livros/ProsabArmando.pdf>>. Acesso em 20/03/2007.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

SOUZA, Romildo José de e QUEIROZ, Marcos Savigny Maia Costa de. **Gerenciamento da Operação de Aterro Sanitário para Cidade de Pequeno Porte**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CEFET-PB. Disponível em: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080213_092053_MEIO-088.pdf>. Acesso em: 20/12/2007.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. **Formas de disposição de resíduos**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res14.html>>. Acesso em: 05/04/2008.