



### III-086 - RECUPERAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – O CASO DO ATERRO SANITÁRIO DE BELO HORIZONTE

**Cícero Antonio Antunes Catapreta** <sup>(1)</sup>

Eng. Civil (PUCMG), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Ronaldo Marcucci Barbosa da Silveira**

Biólogo (UFMG), Biólogo da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Gustavo Ferreira Simões**

Eng. Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-Rio), Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Lincoln Moraes Venâncio**

Graduando em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário UNI BH e estagiário da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Bárbara Leandra da Conceição**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) e estagiária da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG, Brasil - Tel: (31) 3277-9808 – e-mail: [catapret@pbh.gov.br](mailto:catapret@pbh.gov.br).

#### RESUMO

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040, em Belo Horizonte, Minas Gerais, realizou o descomissionamento de suas áreas de aterramento de maneira adequada, de acordo com o que preconiza as normas da ABNT e a literatura especializada, e seguindo as 4 etapas exigidas para tal: interrupção gradativa do recebimento de resíduos, reconfiguração geométrica ou regularização dos taludes e topo do aterro, implantação da camada de cobertura final e aplicação de cobertura vegetal. Este artigo descreve os materiais e métodos empregados na execução das três últimas etapas, bem como as justificativas para a escolha dos mesmos. Na reconfiguração geométrica foram estabelecidas bermas de equilíbrio com 5 m de largura e taludes com inclinação 21,8° [1 m (horizontal): 2,5 (vertical)]. As bermas e o topo do aterro foram executados com uma declividade de 1,0%, visando direcionar os fluxos de águas pluviais para o sistema de drenagem. As camadas de cobertura final, cobertura primária e de regularização, variaram entre 1,0 m e 3,0 m de espessura e a de argila, sobreposta a esta, teve espessura de 0,60 m com coeficiente de permeabilidade médio de 10<sup>-6</sup> cm/s. Previamente à cobertura vegetal, foi aplicada uma camada de solo orgânico de espessura de 0,10 m. Foram cobertos cerca de 366.000 m<sup>2</sup>, de área de aterro com gramíneas e outras espécies ruderais. Destaca-se a função paisagística dessa recomposição vegetal e ambiental, a qual vem proporcionando um aumento da área verde disponível na região e um aspecto mais agradável à área, principalmente para a população que reside na circunvizinhança do aterro. Assim, com o trabalho realizado, percebe-se que a recuperação e reabilitação de áreas utilizadas para disposição de resíduos, como os aterros sanitários, constitui uma importante via para melhoria e incremento de áreas verdes no ambiente urbano, principalmente quando estes se localizam no interior das cidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Aterros Sanitários, Disposição Final, Recuperação de Áreas Degradadas.

#### INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários caracteriza-se por ocorrer de forma adequada, de maneira planejada, procurando minimizar os impactos ambientais e à saúde pública, e em áreas específicas, devidamente projetadas e adaptadas para receber os resíduos.



No entanto, para que essa disposição ocorra de forma adequada em todas as fases de sua execução, planos de operação, de monitoramento e de encerramento devem ser estabelecidos.

O planejamento da execução de aterros sanitários geralmente prevê a implantação de uma cobertura vegetal adequada e definitiva com o objetivo de conter processos erosivos, evitando a exposição de materiais contaminantes e a propagação de vetores, assim como estabelecer um cinturão verde ao redor para servir de barreira vegetal que visa limitar a visualização do interior do aterro e melhorar o seu aspecto estético (Souza, 2007).

Estes locais necessitam de tratamento diferenciado ao de outras áreas degradadas, devido a fatores como a liberação de gás metano que representa um dos maiores limitantes para a implantação de vegetação, dos riscos ambientais, os recalques diferenciais do terreno, os problemas de drenagem e a compactação da camada superficial do solo utilizado no preenchimento do terreno (Mata e Andrade, 2000).

A vegetação de superfícies acabadas de aterros sanitários objetiva criar condições para que uma área que foi degradada pela disposição de resíduos tenha minimizado os impactos causados por essa atividade por meio da recuperação de suas condições originais, criando uma nova área verde com características estruturais e funcionais próximas às da natural, sendo desejável que seja realizado um plantio de espécies vegetais nativas da região.

Entretanto, a vegetação de taludes acabados de aterros sanitários pode enfrentar algumas dificuldades como a composição estrutural da camada de cobertura (espessura das camadas de cobertura), a falta de solo de superfície, a deficiência de nutrientes, a alta declividade, a dificuldade em selecionar espécies e a escolha de um método que apresente resultados mais satisfatórios no sentido de realmente estabilizar esse talude. Einloft *et al.* (1997) citam que as técnicas mais utilizadas para a recuperação de taludes são: método de placas de grama, plantio de coquetel de sementes em covas, uso de serrapilheira, hidrossemeadura e semeadura a lanço. Todos estes métodos podem apresentar resultados positivos dependendo das condições específicas de determinados locais. Estas condições determinarão se a recuperação será ou não satisfatória. As espécies nativas do Brasil utilizadas nesse processo, muitas sugeridas por Lorenzi (1998), levam em conta a adaptação das mesmas a terrenos secos e “cascalhentos” e solos rapidamente drenados.

## **2. OBJETIVO**

Esse trabalho tem por objetivo descrever os principais métodos empregados na recuperação e reabilitação de uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos, tomando como exemplo o aterro sanitário de Belo Horizonte.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

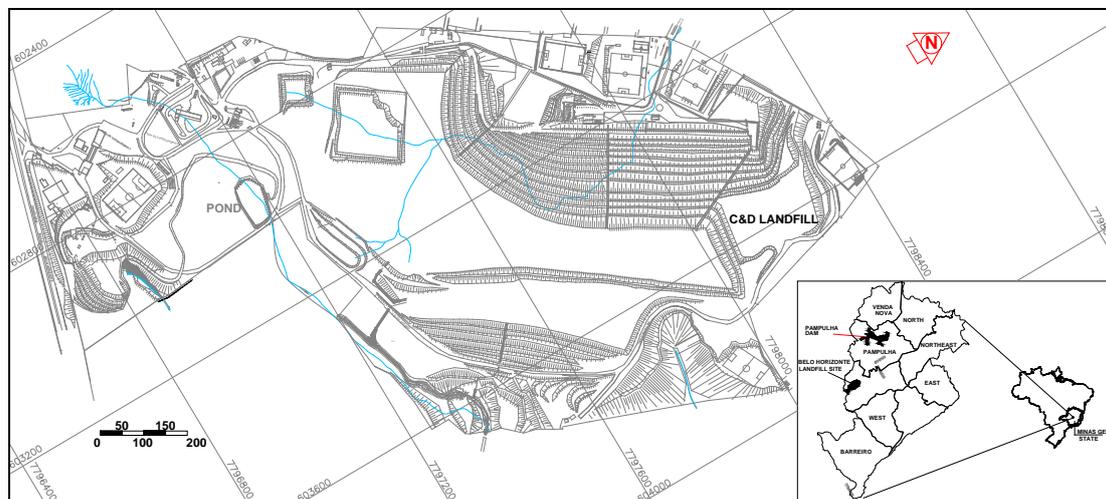
O descomissionamento de uma área que vem sendo utilizada para a disposição de resíduos sólidos urbanos, geralmente, é composta de 4 (quatro) etapas: interrupção gradativa do recebimento de resíduos, reconfiguração geométrica ou regularização dos taludes e topo do aterro, implantação da camada de cobertura final e aplicação de cobertura vegetal. Como poderá ser observado nos itens a seguir, o exemplo do aterro sanitário de Belo Horizonte seguiu todas essas etapas.

### **3.1. ATERRO SANITÁRIO DE BELO HORIZONTE**

Os resíduos gerados pela população do município de Belo Horizonte foram dispostos em um aterro sanitário municipal (Figura 1), que se encontra localizado na região noroeste do mesmo. As atividades de operação desse aterro foram iniciadas em 1975, e encerradas em 2007, para disposição de RSU, e em 2011 para disposição de resíduos de construção civil - RCC.

Este aterro ocupa uma área de 144 hectares, sendo 65 hectares subdivididos em 7 áreas (células), que foram utilizadas para a disposição dos RSU, bem como possui 65 m de altura no ponto mais elevado. Aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos foram dispostos neste aterro durante

sua operação. Os resíduos depositados neste local incluem resíduos domésticos, resíduos públicos e resíduos de construção civil.



**Figura 1 - Aterro Sanitário de Belo Horizonte, Brasil**

### 3.2. RECONFIGURAÇÃO GEOMÉTRICA DO ATERRO SANITÁRIO

Na recuperação e reabilitação de aterros sanitários (IPT, 2005) objetivando o encerramento destes, independente do desempenho do tratamento dos resíduos, faz-se necessária a 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.

Para o presente caso (aterro sanitário de Belo Horizonte), após o encerramento das atividades de disposição de resíduos, foi realizada uma reconfiguração final do aterro sanitário, buscando estabelecer uma uniformidade dos taludes e bermas, visando a implantação da camada de cobertura final e do sistema de drenagem de águas pluviais.

### 3.3. COBERTURA FINAL DOS RESÍDUOS

Para a cobertura final da massa de resíduos sólidos urbanos dispostos no aterro sanitário de Belo Horizonte foram empregados resíduos de construção e demolição (camada de fundação) sobrepostos com uma camada de argila compactada (barreira hidráulica). Sobre esta camada foi aplicada uma camada de solo orgânico (camada de controle de erosões) para facilitar o plantio e a pega da cobertura vegetal. Os métodos construtivos dessa camada de cobertura encontram-se descritos em Catapreta *et al.* (2011).

### 3.4. COBERTURA VEGETAL

O principal elemento utilizado para a cobertura vegetal dos taludes do aterro sanitário de Belo Horizonte foi a grama batatais (*Paspalum notatum*). A sua escolha se deveu principalmente ao formato de seu sistema radicular e ao fato de que esta gramínea é nativa do Brasil e, conseqüentemente, bastante competitiva em relação às espécies ruderais. Também foi empregada a grama esmeralda (*Zoysia japonica*) para a cobertura final de alguns taludes. Outras espécies de plantas herbáceas foram testadas para a cobertura final do aterro sanitário.

Deve-se destacar também que o projeto de vegetação das áreas de disposição de resíduos teve como objetivo promover processos de sucessão que levem ao restabelecimento da vegetação autóctone arbórea, assim como proporcionar alimento, abrigo e refúgio para a fauna silvestre, contribuir para a melhoria do micro clima da região e reduzir o impacto visual para as comunidades vizinhas.

Nesse sentido, foram selecionadas espécies arbóreas nativas do Brasil e destas, o seu status sucessional, objetivando a formação de bosques estratificados, compostos por espécies primárias, secundárias e clímaxes. A Tabela 1 apresenta algumas destas espécies.

**Tabela 1 - Espécies arbóreas nativas do Brasil e respectivo status sucessional**

Espécie		Status de Sucessão
Nome Científico	Nome Popular	
<i>Acacia polyphyla</i> DC.	Monjoleiro	Pioneira
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth. Speg.)	Angico-do-cerrado	Pioneira e clímax
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Angico-do-morro	Pioneira
<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) DC.	Louro preto	Pioneira
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell) Fr. All. Ex Benth.	Jacarandá-da-bahia	Pioneira
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	Pioneira
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	Jacarandá-bico-de-pato	Pioneira
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Urundéuva ou aroeira	Secundária
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	Pau-jacaré	Secundária
<i>Qualea dichotoma</i> (Warm.) Staffl.	Pau-terra	Secundária
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Cham.) Sand.	Ipê-branco	Clímax
<i>Pseudobombax simplicifolium</i> A. Robyns	Imbiruçu	Pioneira

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reconfiguração geométrica de um aterro sanitário é necessária para que sobre ela possam ser implantados o sistema de cobertura final e o plantio da vegetação necessária, principalmente, à manutenção dessa cobertura e escoamentos das águas de chuva. No caso do aterro sanitário de Belo Horizonte, foram estabelecidas bermas de equilíbrio com 5 m de largura e taludes com inclinação 21,8° [1 m (horizontal): 2,5 (vertical)], assim como cada plataforma de aterragem ficou com altura de 5. As bermas e topo do aterro também foram executados visando o escoamento de águas pluviais e, para isso, foi proporcionada uma declividade de 1,0%, com os fluxos direcionados para o sistema de drenagem de águas pluviais (escadas e canais de escoamento).

Posteriormente, foi implantada a camada de cobertura final, a qual foi executada considerando resíduos de construção civil como cobertura primária e de regularização. Estas tiveram uma espessura que variou entre 1,0 m e 3,0 m, dependendo da região do aterro sanitário. Sobreposta a esta camada, foi executada uma camada de argila de espessura de 0,60 m com coeficiente de permeabilidade médio de  $10^{-6}$  cm/s.

Acima destas camadas, como mencionado anteriormente, foi aplicada uma camada de solo orgânico de espessura de 0,10 m. Ao todo, a área abrangida com cobertura vegetal totalizou cerca de 366.000 m<sup>2</sup>, conforme descrito a seguir:

292.000 m<sup>2</sup> de grama batatais (*Paspalum notatum*);

39.630 m<sup>2</sup> de taludes cobertos com esteira vegetal (coquetel de sementes).

32.271 m<sup>2</sup> de taludes plantados com grama esmeralda (*Zoysia japonica*).

1.887 m<sup>2</sup> de taludes de aterro plantados com variedades ruderais, visando fornecer dados para uma dissertação de mestrado desenvolvida no aterro sanitário de Belo Horizonte.

Nas áreas mais antigas, com mais de 30 anos de encerramento (Figura 2), foram implantados bosques de árvores nativas do Brasil em sua maioria do Estado de Minas Gerais, com características dos biomas cerrado e mata atlântica. Foram plantadas nessa área cerca de 5.312 espécimes de árvores nativas do Brasil. Cumpre destacar que o plantio nessas áreas começou cerca de 20 anos antes do encerramento das atividades de disposição de resíduos.

Destaca-se que durante os trabalhos de recomposição vegetal da área do aterro sanitário de Belo Horizonte foi empregado o composto orgânico que é produzido na unidade de compostagem existente na mesma área.

Este composto, ou adubo orgânico, é produzido a partir de restos alimentares coletados em supermercados, os quais são misturados com podas de árvores trituradas, e submetidos ao processo de compostagem simplificada.

Mais detalhes desse sistema de compostagem pode ser observado em Lopes *et al* (2007). O composto orgânico foi utilizado essencialmente na composição do substrato que é colocado em todas as covas de plantio de arbóreas, bem como sobre as áreas de plantio de grama. A proporção empregada na cova de árvore foi de 50% de composto para 50% de terra do local. Nas superfícies gramadas foi aplicado composto a lanço numa proporção de 5 litros/m<sup>2</sup>.

Em relação à manutenção, as áreas de aterro cobertas com grama recebem um tratamento inicial de arranquio manual das espécies invasoras, seguido de roçada mecânica. Um ano após o plantio, as áreas gramadas receberam um aporte de matéria orgânica através da inoculação de substrato (composto orgânico + terra vegetal) aplicado a lanço. Tal procedimento é repetido a cada dois anos.

A rega das áreas gramadas com veículos pipa só foi feita durante o período da aplicação da grama. Não é necessário realizar tal procedimento novamente já que a região de Belo Horizonte conta com índices pluviométricos satisfatórios durante os meses de outubro a março. A escolha das espécies de gramíneas empregadas também foi feita em virtude da escassez de água no período de abril a setembro.

A manutenção das mudas de árvores plantadas sobre antigas áreas de aterro conta com a metodologia tradicional de instalação de estaca de apoio (tutoramento), limpeza da região do entorno da muda (coroamento), aplicação de adubo químico NPK 4:14:8 trinta dias após o plantio e rega durante os dois períodos de estio subsequentes ao plantio.

Nas Figuras 2 e 3 podem ser observados os resultados de alguns dos processos de intervenção realizados nas áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos, já encerradas, do aterro sanitário de Belo Horizonte.



(a)

Antes da intervenção



(b)

Depois da intervenção

**Figura 2 – Bosque de árvores implantado sobre as áreas com mais de 30 anos de encerramento**



(a)

Antes da intervenção



(b)

Depois da intervenção

**Figura 3 – Vegetação de taludes do aterro sanitário de Belo Horizonte**

Por fim, cumpre destacar que a recuperação e reabilitação de toda a área onde se encontra localizado o aterro sanitário de Belo Horizonte, vem sendo realizada desde o ano de 1999, mesmo antes do encerramento das



atividades de disposição de resíduos neste, por meio de um programa de manejo de áreas verdes, como descrito em Silveira (2009).

## 5. CONCLUSÕES

Foram apresentados, em linhas gerais, os trabalhos que normalmente são empregados para recuperação e reabilitação de uma área que foi utilizada para a disposição de resíduos sólidos urbanos após o seu encerramento. Em relação ao aterro sanitário de Belo Horizonte, considerado como exemplo no presente estudo, a cobertura vegetal aplicada a esse aterro está em conformidade com o descrito na literatura especializada e atende aos objetivos propostos para a sua desativação, assim como pode-se destacar a função paisagística dessa recomposição vegetal e ambiental, a qual vem proporcionando um aumento da área verde disponível na região e um aspecto mais agradável à área, principalmente para a população que reside na circunvizinhança do aterro.

Por fim, destaca-se que a recuperação e reabilitação de áreas utilizadas para disposição de resíduos, como os aterros sanitários, constitui uma importante via para melhoria e incremento de áreas verdes no ambiente urbano, principalmente quando estes se localizam no interior das cidades.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Catapreta, C. A. A.; Simões, G. F. Silveira, R. M. B. Execução de camada de cobertura final de aterros sanitários de grande porte - estudo de caso do aterro sanitário de Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 7, 2011, Belo Horizonte/MG. Anais...ABMS: São Paulo/SP, 2011;
2. Einloft; R.. Seleção de gramíneas e leguminosas utilizadas para revegetação de taludes em sacos de aniagem e plantio em covas. In: Simpósio Nacional de recuperação de Áreas degradadas - SINRAD, 3, 1997, Ouro Preto (MG). Anais...Ouro Preto: Sobrade/UFV, 1997;
3. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Teoria e Prática em Recuperação de Áreas Degradadas: Plantando a semente de um mundo melhor. Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. FEHIDRO. São Paulo: 2005.
4. Lopes, S. R., Catapreta, C. A. A., Tavares, K. G. Avaliação do grau de maturação de leiras de compostagem. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte (MG), Anais...ABES: Rio de Janeiro, 2007.
5. Lorenzi, Harri. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol 1. 2ª Edição. Editora Plantarum. 1998.
6. Lorenzi, Harri. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Vol 2. 2ª Edição. Editora Plantarum. 1998.
7. Mata e Andrade, J. C. Vegetação em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Estudo do caso do aterro sanitário Santo Amaro, São Paulo. Dissertação de Mestrado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2000. 186 p.
8. Meinerz, C. C., Kleinb, J. C., Dimbarre, S., Mondardod, D., Bellone, P. P. Santosf, L. B., Scherer, F. Estudo de caso para recuperação paisagística do aterro sanitário de Toledo – PR. In International Workshop Advances in Cleaner production. São Paulo, Brazil, 2009.
9. Silveira, R. M. B. Manejo de áreas verdes na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos – CTRS BR 040, Belo Horizonte, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife/PE. Anais... ABES: Rio de Janeiro, 2009;
10. Souza, C. M. Recuperação de áreas degradadas em aterros sanitários, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Monografia Curso de Engenharia Florestal. Seropédica, RJ, p. 40, 2007.