

ATERRO SANITÁRIO: CONSIDERAÇÕES SOBRE ESCOLHA DO SÍTIO, PROJETO, IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MONITORAMENTO

Valdir Schalch *
Wellington Cyro de Almeida Leite ***
Waldomiro Fantini Júnior ****
Edson Martins de Aguiar **
José Leomar Fernandes Júnior **

RESUMO

No presente trabalho apresentam-se considerações sobre as etapas de análise de viabilidade, projeto, implantação e operação de aterros sanitários, com especial ênfase aos aspectos relacionados às águas subterrâneas.

É dada, inicialmente, uma definição da técnica de disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários, seguida da apresentação dos processos biológicos, físicos e químicos envolvidos com a produção e características dos líquidos percolados.

Faz-se relato dos estudos para implantação de aterro sanitário na cidade de Bauru-SP, onde foram consideradas medidas complementares às recomendações e sugestões dos órgãos responsáveis pela análise do EIA/RIMA- Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto do Meio Ambiente.

1 - INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos primeiros centros urbanos, a produção de lixo se apresenta como um problema de difícil solução. A partir da revolução industrial, com a migração dos trabalhadores do campo para a cidade, intensificaram-se as dificuldades referentes à produção de resíduos sólidos de diferentes naturezas (domésticos, industriais e de serviços de saúde), os quais constituem-se, atualmente, numa das principais formas de degradação do meio ambiente.

As soluções relacionadas com a coleta e transporte de lixo já se apresentam satisfatórias dentro dos limites urbanos de boa parte das cidades brasileiras, sendo que o mesmo

não ocorre com a destinação final, o tratamento e o reaproveitamento do lixo.

Dentre os métodos mais comuns de tratamento de resíduos sólidos, considerados adequados do ponto de vista sanitário e ecológico, podem ser citados: aterro sanitário, compostagem e incineração, sendo o primeiro método difundido em quase todo o mundo por se tratar de solução mais econômica quando comparada aos outros dois processos, que exigem grandes investimentos e não descartam a existência de aterros sanitários em suas proximidades, uma vez que produzem resíduos não reaproveitáveis ou, ainda, por questão de segurança, na ocorrência de paralisação das instalações.

Baseado no exposto acima, o presente trabalho busca fazer algumas considerações sobre as etapas de projeto, construção e implantação de aterros sanitários que serão, ainda por vários anos, a principal forma de destinação final de resíduos sólidos urbanos. Faz também um relato dos estudos desenvolvidos referentes ao aterro sanitário da cidade de Bauru-SP.

2 - ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo a NBR 8419 (ABNT-1984), "aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de

* Escola de Engenharia de São Carlos - USP
Departamento de Hidráulica e Saneamento

** Escola de Engenharia de São Carlos - USP

*** Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP

**** Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru

disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou intervalos menores se necessário”.

Conforme ressaltam BRANCO e ROCHA (1980), muitas vezes aterro sanitário é confundido com “vazadouros”, “lixões”, “depósitos” etc, métodos desprovidos de critérios científicos ou ecológicos e condenados sob o ponto de vista sanitário.

Os componentes orgânicos do lixo sofrem decomposição bacteriana e a umidade que se desprende arrasta consigo substâncias sulfuradas, nitrogenadas e cloradas, tóxicas e de odor desagradável, formando o “chorume”.

Particularmente em períodos de chuva, ocorrem nos “depósitos” de lixo infiltrações de água que lixiviam o chorume, sendo que o percolato formado migra na forma de pluma em direção às águas subterrâneas. Nesse processo de arraste predominam substâncias inorgânicas (nitratos, sulfatos e carbonatos) dos cátions magnésio, sódio, cálcio e amônio. Íons de metais pesados ocorrem em quantidades menores do que nas águas residuárias industriais.

O grau de contaminação das águas superficiais e subterrâneas pode ser controlado a partir do conhecimento das características físicas do solo e da distância entre a fonte de poluição e o nível do lençol freático. Tal conhecimento norteará os critérios a serem seguidos quando da implantação e operação do aterro sanitário.

Os poços de monitoramento de aterros sanitários, que visam registrar a presença de contaminantes e permitir a tomada de providências antes que estes comprometam as águas subterrâneas, devem seguir as normas vigentes, como por exemplo a da CETESB (1987), no que diz respeito à localização, distribuição e profundidade.

2.1 - CLASSIFICAÇÃO E MÉTODOS DE OPERAÇÃO

Os aterros sanitários são classificados de acordo com a sua forma de execução, que varia conforme o conjunto de condições locais. Os aterros de superfície são executados em regiões planas, podendo ser operados pelos seguintes métodos: trincheira, escavação progressiva ou rampa, e da área. Os aterros em depressões são executados em regiões de topografia acidentada, como grotas, fundo de vales, pedrei-

ras extintas etc. LEITE (1991) fornece detalhes sobre os diferentes métodos de operação.

2.2 - CONSTRUÇÃO DE CÉLULAS SANITÁRIAS

O lixo deve ser disposto sobre uma camada de impermeabilização de findo, espalhado e compactado por um trator de esteira, de modo a ter seu volume reduzido ao mínimo possível, sendo o valor de 750 Kg/m³ indicativo de excelente grau de compactação.

No final da coleta diária, a célula de lixo deve receber cobertura de 15 a 30 cm de terra. pode-se sobrepor novas células às anteriores, havendo, no entanto, necessidade de recobrimento com camada compactada de 60 cm de terra ao término da área disponível do aterro. Ressalta-se que a operação de recobrimento final e acabamento é muito importante para a incorporação do aterro sanitário ao meio ambiente, em condições de uso e sem causar transtornos à vizinhança.

2.3 - CUIDADOS ESPECIAIS

Os cuidados especiais referem-se basicamente a drenagem dos líquidos percolados e águas pluviais, tratamento dos efluentes, captação dos gases e estruturas de controle.

O sistema de drenagem superficial tem como finalidade básica desviar as águas da bacia de contribuição para fora de área do aterro, diminuindo dessa forma o volume de líquido percolado, além de possibilitar a sua operação inclusive em dias de chuva. Este sistema requer a construção de canaletas de superfície livre envolvendo toda a área do aterro, recomendando-se conferir uma boa inclinação à cobertura diária do aterro para evitar empoçamentos.

O sistema de drenagem subterrânea visa coletar e conduzir os líquidos percolados para uma unidade de tratamento, evitando o comprometimento do lençol freático. É constituído basicamente de estruturas drenantes com escoamento em meio poroso, devendo-se dar inclinação de fundo de 2%.

O principal inconveniente dos efluentes dos aterros sanitários é a elevada DBO (demanda bioquímica de oxigênio), que pode atingir valores superiores a 20.000 mg/l. Portanto, os líquidos percolados, após serem coletados, devem passar por um tratamento para sua DBO seja reduzida a níveis satisfatórios antes de serem lançados em curso d'água. Isto pode ser feito, segundo ORTH (1981), em

lagoas de estabilização ou em filtros biológicos. Outro parâmetro a ser considerado, segundo SCHALCH (1984), é a DQO (demanda química de oxigênio), que pode atingir até 40.000 mg/l, em função das combinações que podem ocorrer entre os íons citados anteriormente, exigindo processos mais complexos para seu tratamento.

O lixo confinado em aterros sanitários sofre um processo de decomposição predominantemente anaeróbio. Nesse processo, o carbono combina-se com o hidrogênio, formando o metano (CH₄), que é inflamável quando misturado com o ar na proporção de 10 a 15%. O controle de geração e migração de gases é realizado através de um sistema de drenagem, constituído pela superposição vertical de tubos perfurados de concreto ou PVC, revestidos por uma camada de brita e distantes de 50 a 100 m.

Finalmente, para que um aterro sanitário mantenha um bom padrão de funcionamento, faz-se necessária a existência de uma infraestrutura de controle e proteção: cercas, portaria, balança, instalações de apoio (escritório, refeitório, vestiários e sanitários), almoxarifado, pátio de estocagem de materiais, galpões para abrigo de veículos e iluminação.

3 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

A etapa de obtenção de dados geológico-geotécnicos em um empreendimento de aterro sanitário é fundamental pois, além da finalidade principal, que é a identificação de potenciais problemas relacionados à contaminação das águas subterrâneas, também tem importância para definição dos taludes de escavação, para as análises de estabilidade de taludes e de compressibilidade e para a caracterização das propriedades dos solos do local e de jazidas de empréstimo quando são compactados.

As primeiras informações sobre o terreno podem ser obtidas de mapas de jazidas e ocorrências minerais, geológicos, e geomorfológicos, como os elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (CARVALHO-1981), ALMEIDA-1981 e PONÇANO-1981). Deve-se ressaltar que a subdivisão de uma região em áreas com um padrão recorrente de topografia, solos e vegetação é fundamental ao planejamento e adequação da ocupação e uso do solo, uma vez que a topografia e os solos dependem da natureza das rochas subjacentes (geologia), dos processos erosivos e deposicionais, que teriam produzido a topografia atual (geomorfologia), e do clima sob o qual atuaram estes processos.

No caso particular da análise geológico-geotécnica da área do Aterro Sanitário da cidade de Bauru, também foi possível utilizar as informações constantes da Carta Geotécnica da Área Urbana e Periurbana de Bauru, elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-1991). Este documento, que delimita áreas que apresentam homogeneidade no que diz respeito às aptidões e restrições frente ao uso do solo, contém informações obtidas a partir do reconhecimento das características dos terrenos, dos fenômenos geológico-geotécnicos e dos problemas relacionados à ocupação do solo.

Numa etapa seguinte, há necessidade de informações geotécnicas mais detalhadas do local, obtidas, por exemplo, de sondagens de simples reconhecimento e de ensaios de penetração dinâmica (SPT), que permitem determinar a profundidade do lençol freático, caracterizar o tipo de solo na região entre a superfície e o lençol freático, bem como inferir propriedades mecânicas e hidráulicas dos solos quando compactados.

Embora os órgãos responsáveis pela análise do EIA/RIMA - Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto do Meio Ambiente recomendem que sejam executados pelo menos 3 furos de sondagem, em Bauru, dadas as particularidades e extensão da área destinada à disposição de resíduos sólidos domiciliares, foram realizados 20 furos de sondagem, executados pelo Laboratório Central de Engenharia Civil da Companhia Energética de São Paulo (CESP - 1992). Este número de furos, que atendeu às recomendações da NBR-8063 (ABNT-1983), permitiu, com boa precisão, a determinação da profundidade do lençol freático em toda a área do empreendimento (300.000m²), a delimitação dos materiais de 1ª categoria de escavação, bem como a seleção (complementada por ensaios de laboratório) daqueles mais indicados para a camada de impermeabilização de fundo.

Em função das limitações das estimativas do coeficiente de permeabilidade com base em amostras deformadas retiradas dos furos de sondagens, no Aterro Sanitário de Bauru optou-se pela realização de ensaios de permeabilidade "in situ" (ensaio de infiltração), também efetuados pelo Laboratório Central de Engenharia Civil da CESP.

Durante a etapa de caracterização geológico-geotécnica, deve-se, sempre, mencionar a ocorrência de solos orgânicos e, eventualmente, realizar ensaios de resistência ao cisalhamento "in situ" ("vane test"), os quais, no Aterro Sanitário de Bauru, não foram necessários dadas as boas características de suporte da fundação e a inexistência de argila orgânica.

Para o projeto do Aterro Sanitário de Bauru foram ensaiadas, no Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP (FIPAI - 1992), amostras deformadas do solo do local do empreendimento e de jazidas argilosas próximas à área em estudo. Para uma melhor caracterização, na condição compactada, dos solos passíveis de serem utilizados na camada de impermeabilização de fundo e na cobertura diária das células de lixo, realizaram-se os ensaios de granulometria conjunta (peneiramento e sedimentação), limite de liquidez, limite de plasticidade, ensaio normal de compactação de solos (NBR-7182 - Proctor Normal), ensaio de compactação segundo Metodologia MCT (NOGAMI e VILLIBOR - 1988 e VILLIBOR e NOGAMI - 1982) e ensaios de permeabilidade sob diferentes teores de umidade de compactação.

Com relação à utilização da Metodologia MCT de Classificação de Solos, dada sua pequena divulgação fora do meio técnico rodoviário, cabem algumas informações adicionais. A Metodologia MCT procura caracterizar os solos utilizando corpos de prova de dimensões reduzidas (Miniatura), na condição Compactada, e visando distinguir solos de comportamento laterítico (Tropical) de solos de comportamento não-laterítico. Tem sido usada extensamente nos projetos de rodovias vicinais no interior do Estado de São Paulo (inclusive na região de Bauru-SP), onde é grande a ocorrência de jazidas de solos lateríticos, material de excelente comportamento em aterros compactados. A Classificação MCT permite inferências, com maior grau de precisão do que a tradicional Classificação Unificada, sobre muitas propriedades de interesse em projetos de Aterros Sanitários (permeabilidade, resistência mecânica, resistência à erosão, capacidade de suporte, etc).

Os resultados dos ensaios de laboratório permitiram a utilização do próprio solo local (areia argilosa) como camada de impermeabilização de fundo, não sendo necessário recorrer-se a alternativas muito mais caras, como por exemplo: solo argiloso compactado (a jazida argilosa mais próxima estava aproximadamente a 25 Km de distância); adição de bentonita; imprimadura betuminosa; capa asfáltica selante; geomembrana de PVC; etc. Os ensaios de permeabilidade realizados em corpos de prova compactados apresentaram, no ramo úmido da curva de compactação, coeficiente de permeabilidade da ordem de 10^{-7} cm/s, sendo que este valor é muito baixo, compatível com os das argilas.

Outra importante informação fornecida pelos ensaios geotécnicos de laboratório foi que, para o controle de

compactação no campo, o teor de umidade (w) mostrou-se tão ou mais importante que o Grau de Compactação (GC), pois a redução da permeabilidade no teor de umidade. Obteve-se, na faixa de +2 a +3% em relação à umidade ótima (w_{ot}), recomendada para a compactação no campo, coeficiente de permeabilidade comparável aos de solos impermeáveis.

4 - CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

O planejamento de um aterro sanitário exige uma atividade multidisciplinar que, além dos princípios de engenharia, envolve também aspectos econômicos, sociais e urbanísticos.

O manejo dos resíduos sólidos depende de vários fatores, dentre os quais devem ser ressaltados: forma de geração, acondicionamento na fonte geradora, coleta, transporte, processamento, recuperação e disposição final.

Para que todos os cuidados exigidos nas etapas iniciais de escolha de sítio e projeto atinjam a finalidade principal que é a preservação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, há necessidade de controle contínuo da operação e um monitoramento periódico da qualidade de água nas imediações do aterro sanitário.

Os estudos levados a efeito em Bauru vêm confirmar, uma vez mais, que investimentos nas etapas de investigação de campo e de ensaios de laboratório, além de proporcionarem projetos que preservem a qualidade das águas subterrâneas, resultam, quase sempre, em economia em termos de serviços, materiais e transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento - NBR 8063 - 1983
- ABNT - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos - NBR 8419- 1984
- ABNT - Solo - Ensaio de Compactação - NBR 7182 - 1986
- ALMEIDA, F.F.M. et al. - Mapa Geológico do Estado de São Paulo - IPT - 2 vol. - Monografia nº 6 - 1981
- BRANCO, S.M. e ROCHA, A.A. - Ecologia: educação ambiental - ciências do ambiente para universitários - 18ª edição - CETESB - São Paulo-SP - 1980
- CARVALHO, W.S. et al. - Mapa de Jazidas e Ocorrências Minerais do Estado de São Paulo - IPT - 3 vol. Monografia nº 4 - 1981

- CESP** - Companhia Energética de São Paulo - Laboratório Central de Engenharia Civil - Relatório LEC-G-16/92 - Bauru - Aterro Sanitário - Sondagens a Percussão para Estudo Geológico/Geotécnico - Ilha Solteira - SP - 1992
- CETESB** - Construção de Poços de Monitoramento de Aquífero Freático - 1987
- FIPAI** - Fundação para Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial - Relatório dos Ensaios de Laboratório - Aterro Sanitário da Cidade de Bauru-SP - Laboratório de Estradas - Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos - USP - 1992
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT** - Prevenção da Erosão Urbana e Conservação de Recursos Hídricos: Projeto Piloto de Bauru e Rio Batalha (1ª Fase) - Relatório nº 29.789 - 1991
- LEITE, W.C.A.** - Estudo do Comportamento da Temperatura, pH e Teor de Umidade na Decomposição de Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários - Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP - 1991
- NOGAMI, J.S. e VILLIBOR, D.F.** - Nova Metodologia (MCT) de Estudos Geotécnicos e suas Aplicações em Rodovias Vicinais - Anais - I SENA VI - Seminário Nacional de Vicinais - São Paulo-SP - 1988
- ORTH, M.H.A.** - Aterro Sanitário: Defesa do Sistema Hídrico / SERS/DEAR/CETESB - São Paulo-SP - 1981
- PONÇANO, W.L. et al.** - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - IPT - 2 vol. - Monografia nº 5 - 1981
- SCHALCH, V.** - Produção e Características do Chorume em Processo de Decomposição de Lixo Urbano - Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - 1984
- VILLIBOR, D.F. e NOGAMI, J.S.** - Comparação de Solos: Nova Classificação - Anais - VII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundação - Recife-PE - Vol. v - p. 160-173 - 1982