

# RESIDUOS SOLIDOS: UMA SOLUÇÃO ATRAVES DO SENSORIAMENTO REMOTO

LUCILENE ANTUNES CORREIA MARQUES DE SA<sup>1</sup>  
FLAVIO FELIPE KIRCHNER<sup>2</sup>  
CARLOS LOCH<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Caixa Postal 476  
88049-900 - Florianópolis - SC - Brasil  
E-mail: Bitnet ECV3LAC@BRUFSC  
Internet: ECV3LAC@IBM.UFSC.BR

<sup>2</sup> AERODATA S.A. - Engenharia e Aerolevantamentos  
Rua Alfredo Pinto, 3305  
83065-150 - São José dos Pinhais - PR - Brasil

## Resumo

No Brasil um dos problemas que vem se agravando com a urbanização acelerada é a coleta e deposição dos resíduos sólidos urbanos, ou seja, o lixo. A medida em que as cidades crescem o volume de lixo produzido pela população aumenta. Segundo a CETESB (1983), as pequenas e médias comunidades produzem por habitante, em média, 0.4 kg/dia de lixo, podendo este número chegar a 0.6 kg/dia. Todo este lixo tem que ser recolhido, e ter um destino final que não cause danos a saúde da população nem prejudique o meio ambiente.

Desta forma, é necessário que seja definido qual o tratamento a ser dado aos resíduos coletados, por exemplo, aterro sanitário e usina de reciclagem; e quais as áreas mais indicadas para estas instalações.

Com relação as áreas a serem selecionadas, a CETESB (1983) afirma que, devem apresentar os seguintes requisitos:

- ser de fácil acesso pelos caminhos de coleta;
- estar distante de moradias;
- ser uma área seca e não alagadiça;
- não ser arenosa; e
- estar distante mais de 200 metros dos cursos de água ou coleções hídricas próximas.

Pelos requisitos apresentados, percebe-se que é possível localizar áreas como estas, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto. Os temas necessários a composição deste trabalho seriam, a princípio, a topografia, mapas plani-altimétricos; uso atual do solo; geologia e hidrografia.

Nos Estados Unidos foi desenvolvida uma metodologia utilizando fotografias aéreas, com a finalidade identificar e monitorar os depósitos de lixo, é feito o histórico da deposição de lixo na região, e a partir

daí são desenvolvidos estudos com relação aos temas mencionados acima, estes dados são armazenados num Sistema de Informações Geográficas, onde são processados e localizados os depósitos. Após esta etapa é feito o acompanhamento de controle para que não causem danos ao meio ambiente e à população. BARNABA et al. (1991)

Este trabalho busca divulgar a técnica de análise de depósitos de lixo, que pode ser acessível a qualquer prefeitura brasileira, ou mesmo a uma região. O importante é que sejam eliminados os chamados "lixões", onde a população miserável busca sua sobrevivência, e sejam criadas usinas de reciclagem, como a de Petrópolis, que de acordo com SILVA (1990), emprega parte da população favelada que antes da construção da usina catava lixo no "lixão", agora com condições de saúde, trabalha e tem uma melhor qualidade de vida, o que pode ser notado pelas melhores condições encontradas na favela.

## 1. Introdução

Os lixões, vazadouros a céu aberto ou bota-foras, representavam segundo BREMAEKER (1987), em 1980, 74,8% do destino final dos resíduos sólidos nas Regiões Metropolitanas do Brasil. Esta forma de deposição além de ter inconvenientes de ordem estética, provoca graves problemas ambientais, como a poluição e a contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterâneos. Causam problemas como a fumaça, ratos, baratas, moscas, urubus, maus odores, presença de animais que podem contrair doenças transmissíveis ao homem e danos ao meio ambiente. Tudo isto e mais a população miserável que sobrevive do lixo, exposta diretamente a doenças.

de redução de peso e volume de lixo, através da combustão controlada. A compostagem é a arte de fazer compostos, ou seja, fertilizantes orgânicos do lixo.

A reciclagem é o processo mais indicado para o tratamento do lixo. Entretanto, os aterros sanitários são mais utilizados, que a reciclagem, pois o mais usado é o depósito a céu aberto.

#### 4. Aterro Sanitário

Aterro sanitário é o processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo que fundamenta-se em critérios de engenharia e normas operacionais, permite uma confinamento segura dos resíduos em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública e ao meio ambiente.

##### 4.1 - Técnicas de Aterramento

No aterramento são empregadas as técnicas de trincheiras, rampa e da área.

###### Técnica de Trincheira

Utiliza área de topografia plana e suave. Escava-se uma trincheira de forma a permitir a operação dos equipamentos utilizados no aterramento. O lixo é depositado, compactado e coberto. O material removido na escavação é estocado para emprego futuro na cobertura.

###### Técnica de Rampa

Emprega-se em áreas secas e planas que apresentem disponibilidade de terra para cobertura. Inicialmente, é feito um serviço de terraplanagem, se necessário, cortes e aterros para o preparo da área.

###### Técnica da Área

Necessita de locais com topografia apropriada ao recebimento do lixo sobre a superfície sem alteração de sua configuração natural. O lixo é descarregado, depositado, compactado e coberto. Estes locais podem ser antigas minas ou pedreiras.

A compactação do lixo nos aterros sanitários tem por objetivo, além da redução do volume, possibilitar o tráfego dos veículos de coleta carregados e dos equipamentos utilizados na operação do aterro, bem como, reduzir o rebaixamento futuro da massa aterrada.

A impermeabilização da parte inferior do aterro pode ser feita através de camadas de solo impermeável, co-

mo argila ou aplicação de impermeabilizantes como resina asfáltica ou membrana plástica.

##### 4.2 - Líquidos no Aterro

O volume do líquido percolado depende dos seguintes fatores:

- precipitação pluviométrica na área do aterro;
- escoamento superficial e/ou infiltração subterrânea;
- umidade natural do lixo;
- grau de compactação; e
- capacidade do solo em reter umidade.

Ao se construir um aterro é primordial reduzir o volume de líquidos percolados. A drenagem adequada das águas da chuva que caem sobre o aterro e áreas vizinhas deve ser feita para diminuir a quantidade de líquido percolado, a abertura de valetas nas encostas e canalização ao longo do aterro é um processo utilizado.

A lixiviação dos resíduos pelas águas da chuva, a umidade do lixo, a água decorrente da decomposição do lixo por processo biológico, as substâncias orgânicas e inorgânicas solúveis, naturalmente presente no lixo e as substâncias orgânicas solubilizadas pelas ação de microorganismos no processo de decomposição resulta na formação de um líquido de cor acentuada, de odor desagradável e de elevado potencial poluidor denominado chorume.

O chorume é semelhante ao esgoto doméstico que possui uma DBO de 200 a 400mg/l, porém bem mais concentrado com DBO na ordem de 3.000 a 19.000mg/l. DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é o padrão para avaliar o grau de poluição de líquidos com matéria orgânica, ou seja, fornece a quantidade de oxigênio absorvida pelos líquidos, sob condições controladas.

Com a finalidade de preservar as águas superficiais e o lençol freático deve ser estabelecido um sistema de drenagem e tratamento do líquido percolado, para que isto seja possível é necessário calcular a produção do chorume em função da precipitação pluviométrica, pois as chuvas fazem com que aumente a quantidade do líquido produzido. Para aterros fracamente compactados, estima-se uma produção de chorume equivalente a 25-50% da precipitação pluviométrica média anual, e aterros fortemente compactados estima-se 15-25%. São construídas lagoas de estabilização para tratar a matéria orgânica degradável existente no chorume antes de ser lançado nos cursos d'água. Para maior eficácia no tratamento é necessário que seja construída uma série de lagoas por onde o chorume é tratado até ter condições de ser lançado no seu destino final.

A escolha de locais adequados para a deposição de lixo é fundamental para alcançar êxito e evitar problemas. Esta escolha deve ser vinculada a questões como o respeito à legislação do uso do solo, a proteção de áreas de preservação ambiental, localizar-se em áreas rurais, evitando o acesso através de zonas residenciais ou vias congestionadas, e ser área seca, evitando nascentes.

Como a localização destas áreas são rejeitadas pela população é necessário que os administradores façam campanhas de esclarecimento junto aos meios de comunicação, escolas, associações e clubes, demonstrando a necessidade e as vantagens para a comunidade e o meio ambiente de usinas de reciclagem e aterros sanitários. Em ambos os casos precisa-se localizar uma área segura que não afete a comunidade, entretanto os aterros precisam de estudos mais profundos, pois são depósitos permanentes.

## 2. Classificação dos Resíduos Sólidos

Resíduos sólidos industriais podem ser perigosos e descartáveis. Classificados em quatro categorias. CETESB (1983)

**Categoria 1** - Inclui os resíduos considerados perigosos, que podem causar contaminação de modo a provocar ou contribuir para aumentar a mortalidade ou número de doenças irreversíveis ou reversíveis, porém incapacitantes; e de potencial perigo à saúde pública ou ao meio ambiente, quando transportado, armazenados, tratados ou descartados de forma inadequada.

**Categoria 2** - Biodegradáveis e/ou combustíveis

São: - resíduos de alimentos;  
- resíduos de papel e papelão;  
- resíduos de madeira;  
- resíduos de borracha natural ou sintética; e  
- resíduos de cortiça e tecido em geral.

**Categoria 3** - Inertes e incombustíveis

São: - resíduos de argila, barro, porcelana, vidro, cerâmica e abrasivos;  
- resíduos de areia de fundição; e  
- resíduos de caldeiras.

**Categoria 4** - Resultante de mistura variável e homogênea de substâncias das categorias 2 e 3.

Os resíduos perigosos devem ser armazenados em aterros industriais com procedimentos de segurança, ou incinerados, ou armazenados em aterros sanitários, mas as quantidades máximas que serão depositadas devem ser preliminarmente definidas de acordo com as

propriedades do resíduo, de forma que não provoque alterações significativas nas características do líquido percolado.

## 3. Reciclagem

A reciclagem constitui uma série de recursos e técnicas de reutilização, que inclui reparos, remanufatura e conversão de materiais, partes e produtos. No ciclo do processo industrial de reciclagem, estão a separação, recuperação e transformação dos resíduos sólidos.

A necessidade de poupar e preservar os recursos não renováveis é a razão essencial para implementação deste processo. A reciclagem na áreas agrícola, mineral e da manufatura do lixo urbano é importante para a economia. Reciclando se conserva energia, reutiliza-se materiais e produtos, reduz-se a dependência de importações estrangeiras e cria-se empregos.

Vantagens da reciclagem:

- preservação dos recursos naturais não renováveis;
- economia de energia, matéria prima e produtos;
- menor degradação ambiental;
- conservação dos recursos hídricos;
- reutilização dos resíduos orgânicos convertidos em fertilizantes orgânicos, através da compostagem. Os compostos produzidos atuam com menor velocidade que os fertilizantes químicos, possui a vantagem de segurar os nutrientes em forma coloidal, o que acarreta na lenta fertilização do solo. Estudos indicam outros benefícios, como o controle da erosão, a retenção da umidade do solo, a melhoria da densidade do solo, o aumento da capacidade de troca de íons e a disponibilidade de vestígios minerais.

As etapas do processo de reciclagem são: coleta, transporte, triagem e estocagem. A triagem pode ser domiciliar ou mecânica. Porém, se os resíduos forem separados nos domicílios não haverá contaminação dos materiais e diminuirá os gastos no processo.

Existem três níveis de recuperação e reutilização do material separado, são:

Nível 1 - quando há reutilização do produto ou matéria sem trocar, basicamente, a sua função ou forma.

Nível 2 - quando há o reprocessamento e a transformação em novos produtos com composição semelhante a anterior.

Nível 3 - quando há o reprocessamento e a transformação em diferentes materiais ou forma de energia.

Os processos mais utilizados são a compostagem e a incineração. A incineração é definida como o processo

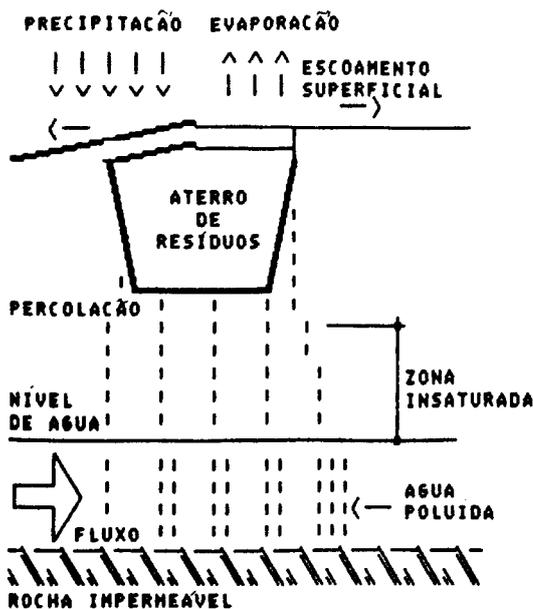


Figura 1 - Mecanismo de poluição através da água no aterro sanitário

Fonte: CETESB (1983)

#### 4.3 - Gases

A decomposição do lixo confinado nos aterros produz gases, como o gás carbônico ( $CO_2$ ) e o metano ( $CH_4$ ), que é inflamável.

Os gases podem infiltrar no subsolo atingir redes de esgoto, fossas, poços absorventes e causar problemas, uma vez que o metano é inflamável e em contato com o ar pode formar uma mistura explosiva.

O controle da geração e migração desses gases é realizado através de um adequado sistema de drenagem, constituído por drenos verticais colocados em diferentes pontos do aterro. Estes gases devem ser captados para evitar a poluição, com frequência são queimados, ou aproveitados como fonte de energia.

### 5 - Escolha da Área de Deposição do Lixo

A idéia desta pesquisa surgiu baseada na metodologia descrita por BARNABA et al. (1991), que utiliza o Sensoriamento Remoto para identificar locais de deposição de lixo; e no Manual de Sensoriamento Remoto (1983), que descreve a metodologia usada para pesquisas em vários ramos da engenharia. Na composição deste trabalho estão todos os autores citados na referência bibliográfica.

### 5.1 - Metodologia

A metodologia proposta será a definida pelo Manual de Sensoriamento Remoto (1983) para projetos de engenharia, que consta de cinco etapas:

- Planejamento Preliminar
- Coleta de Dados
- Análise dos Dados
- Verificação de Campo
- Análise Final e Apresentação de Resultados

#### 5.1.1 - Planejamento Preliminar

Nesta etapa serão definidos os objetivos, a região a ser pesquisada, características da área que se deseja localizar e as variáveis que determinarão esta área.

Objetivo: Determinar áreas que possuam condições para deposição do lixo.

Região: Pode ser um município, ou uma Região Metropolitana, ou mesmo um conjunto de municípios que desejem solucionar seus problemas com o destino final do lixo.

Características da área pesquisada:

A CETESB (1983) determina que as áreas para depósito de lixo devem possuir os seguintes requisitos:

- ser de fácil acesso aos caminhões de coleta;
- estar distante de moradias;
- ser uma área seca e não alagadiça;
- não ser arenosa; e
- estar distante mais de 200 metros dos cursos d'água e coleções hídricas.

Variáveis que indicaram a área:

- demanda de lixo;
- uso atual do solo;
- acesso;
- topografia;
- tipo de solo;
- clima; e
- hidrografia.

#### 5.1.2 - Coleta de Dados

A coleta de dados inclui o levantamento de todo material e informações pertinentes à área e ao assunto pesquisado.

Esta coleta é realizada, principalmente, nos órgãos e empresas do governo que trabalham com informações georeferenciadas e com o assunto pesquisado.

Como esta área tem que respeitar a Lei de Uso do Solo o Plano Diretor do município deve ser conhecido e

respeitado. Um apoio muito grande a pesquisa pode ser dado pelo Cadastro Técnico, que armazena dados georeferenciados e descritivos do município.

Material cartográfico como fotografias aéreas, imagens de satélite e mapas da região devem ser catalogados de acordo com o tipo de material, ano do levantamento, escala; no caso das fotografias tipo de filme, número de fotografias e recobrimento estereoscópico. As imagens de satélite, de acordo com o satélite e o sensor utilizados. Para os mapas, o sistema de projeção.

### 5.1.3 - Análise dos Dados

Esta metodologia tem como base a análise de fotografias aéreas, utilizando a fotointerpretação. Porém, todo o material cartográfico que for coletado será utilizado como auxílio a pesquisa.

A primeira questão a ser levantada na análise dos dados é a necessidade de um novo recobrimento fotogramétrico da região. Isto deve ser analisado com base na data do último voo, na escala e na evolução urbana que ocorreu no período. Deve-se fazer um estudo de custo/benefício, e levantar a possibilidade do novo recobrimento ser utilizado por outros projetos, o que amenizaria os custos.

Para a análise deve-se estabelecer um sistema de classificação, que para posterior análise num Sistema de Informações Geográficas ou por meio de overlays, deve ser organizado em forma de níveis. Para o caso estudado foram identificados os seguintes níveis:

- áreas urbanas, em urbanização e edificações isoladas;
- sistema viário;
- curvas de nível;
- drenagem;
- precipitação pluviométrica;
- tipos de solo;
- permeabilidade;
- perfil do solo;
- vegetação;
- áreas cultivadas;
- bacia hidrográfica e coleções hídricas; e
- lençol freático.

A análise das fotografias aéreas não forneceram todas as informações necessárias a composição da pesquisa. Existem dados que devem ser extraídos de outras fontes, como as isoietas que definirão a precipitação pluviométrica média, e a determinação do lençol freático que pode ser feita através de sondagem, assim como o perfil do solo.

### 5.1.4 - Verificação de Campo

Todo o trabalho de fotointerpretação necessita de uma checagem de campo para se tornar mais preciso. Após a primeira etapa de análise das fotografias devem surgir dúvidas quanto a determinadas informações, nestes casos a coleta da informação no local é imprescindível.

Pode-se inclusive na etapa de planejamento preliminar, após a definição do sensor a ser utilizado, recolher amostras que serão utilizadas na primeira análise, mas com isto não será eliminada a ida ao campo após a primeira análise.

### 5.1.5 - Análise Final

Esta etapa combina todos os resultados encontrados. Estes resultados devem ser georeferenciados, o que significa a transferência das informações obtidas nas fotografias para um mapa base.

Este mapa base pode ser armazenado num Sistema de Informações Geográficas-SIG, o que facilitaria a análise final, onde seriam também armazenados no sistema os dados descritivos para composição do resultado final. O processo de transferência das informações espaciais poderia ser feito de várias maneiras, como por exemplo com ajuda de instrumentos fotogramétricos, ou através de digitalização ou rasterização. Os dados descritivos podem ser introduzidos no sistema através de teclado ou utilizando scanner.

Não podendo dispor de um SIG, os dados devem ser transferidos para um mapa base utilizando a técnica de overlays, os dados descritivos em tabelas e gráficos complementarizam as informações na análise final. O cruzamento destes dados com critérios pré-estabelecidos deverá indicar os locais mais apropriados para deposição do lixo.

Na análise final é imprescindível a identificação dos proprietários das áreas selecionadas, pois a definição de uma área particular para fins públicos acarreta em processos administrativos, como indenização, que podem inviabilizar a área.

Sem dúvida que os resultados obtidos com o uso do SIG serão mais rápidos e mais precisos, sendo portanto o mais indicado. Porém, a impossibilidade de usá-lo não inviabilizará a pesquisa.

### 5.1.6 - Apresentação dos Resultados

Os resultados podem ser apresentados em forma de mapas e tabelas.

Os mapas servem para dar a idéia espacial, que através da visão da região torna-se mais compreensível. As tabelas devem conter informações quanto aos critérios que levaram a definição destas áreas.

Porém, o trabalho não acaba com a apresentação dos resultados. A população costuma rejeitar, com frequência, a proposta de locais para depósito de lixo. É preciso que esta seja envolvida no processo. A comunidade junto com o poder público é que deve decidir, mas com base nos estudos técnicos.

#### 6 - Conclusão

No Brasil o lixo vem sendo depositado sem critérios definidos, ao longo dos anos. Ocorrendo casos em que casas são construídas sobre antigos aterros, nem sempre clandestinos, e começam a sofrer problema de rachaduras, ao perfurar o solo o gás incendeia, doenças nos habitantes da área, e mais a contaminação da água consumida.

Por razões como estas, é necessário num primeiro instante identificar os locais onde já existem depósitos de lixo, muitos não estão cadastrados e são desconhecidos pelos administradores e pela população, podendo estar contaminando as águas e o solo.

Fazer um acompanhamento dos depósitos existentes e conhecidos, através do monitoramento, também é necessário para a preservação ambiental.

Usando como exemplo do estado de Santa Catarina, onde a produção de lixo chega a 2.600 toneladas de lixo por dia, sendo que, 79% é jogado a céu aberto, e apenas 21%, tem como destino final aterros sanitários. Pode-se constatar a situação de calamidade em que se encontra o país.

Existem tres aterros sanitários no estado, que estão localizados nos municípios de Joinville, Itajaí e Biguaçu. A capital, Florianópolis, produz cerca de 170 toneladas de lixo por dia, este volume aumenta em torno de 40%, no verão, temporada turística na cidade. Apenas 0.5% do lixo produzido na capital é reciclado, parte é depositado no aterro sanitário, em Biguaçu, e a maior parte é despejado a céu aberto. Na área urbana da cidade, existe um grande lixão sobre mangue, cuja a área é de preservação permanente. O lixão possui uma área superior a 10 hectares, os depósitos atingem uma altura de 5 metros, mesmo compactado. Sendo uma área de mangue, naturalmente úmida e totalmente inadequada como local de depósito de lixo, o lixão de Florianópolis, esta contaminando a água e o solo da região. O que é lamentável.

Esta pesquisa não tem a finalidade de esgotar o assunto, e sim, abrir a discussão. Não foi feito um estudo de caso, o que enriqueceria a metodologia apresentada. O que se deseja é mostrar que é possível e viável este estudo.

#### Referências Bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Remote Sensing. Falls Church, Virginia, 1983.
- BARNABA, E.M.; PHILIPSON, W.R.; INGRAM, A.W. and PIM, J. The Use of Aerial Photographs in County Inventories of Waste-Disposal Sites, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol.LVII, No.10, 1991, USA. p.1289-1296.
- BREMAEKER, François E. J. de As Regiões Metropolitanas: Panorama dos Serviços de Limpeza Pública, Revista de Administração Municipal, IBAM, No.185, out/dez 1987, Rio de Janeiro. p.72-85.
- CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Manual CETESB para Operação de Resíduos Sólidos, No.2, 1983.
- DIÁRIO CATARINENSE. Dinheiro Fora. Domingo, 28 de março de 1993, Florianópolis. p.32 e 34.
- ERB, Thomas L.; PHILLIPSON, Warren R.; TENG, William L.; LIANG, Ta. Analysis of Landfills with Historic Airphotos, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol.XLVII, No.9, 1981, USA. p.1363-1369.
- LYON, John Grimson. Use of Maps, Aerial Photographs, and other Remote Sensor Data for Practical Evaluations of Hazardous Waste Sites, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol.LIII, No.5, 1987, USA. p.515-519.
- SA, Lucilene Antunes C. M. de; OLIVEIRA, Sônia de M. Reciclagem de Lixo. Trabalho de Aula, UFSC, Florianópolis, 1991.
- SILVA, Sylvio C. da. USINA DE LIXO: A experiência de Petrópolis, Revista de Administração Municipal, vol.37, No.196, jul/set 1990, Rio de Janeiro. p.22-27.