

## Resumo

Resíduos são produzidos em todas as etapas das atividades humanas, os resíduos, em termos tanto de composição como de volume, se diferenciam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção. As principais preocupações estão voltadas para as repercussões que podem ter sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente (solo, água, ar e paisagens). Os resíduos perigosos, produzidos, sobretudo pela indústria, são particularmente preocupantes, pois, quando incorretamente gerenciados, tornam-se uma grave ameaça ao meio ambiente. O presente estudo identificou o impacto do descarte dos resíduos sólidos em especial industriais, a classificação desses resíduos quanto às normas vigentes e as principais maneiras de gerenciá-los.

A compreensão da problemática dos resíduos e a busca de sua resolução pressupõem mais do que a adoção de tecnologias. Uma ação na origem do problema exige reflexão não sobre o resíduo em si, no âmbito material, mas quanto a sua contextualização cultural, o seu significado simbólico, seu papel, e também sobre as relações históricas estabelecidas pela sociedade com os seus rejeitos.

As mudanças na atualidade são mais exigidas pela sociedade embora ainda sejam lentas na diminuição do potencial poluidor do parque industrial brasileiro, principalmente no tocante às indústrias mais antigas, que continuam contribuindo com a maior parcela da carga poluidora gerada e elevado risco de acidentes ambientais, sendo, portanto, necessários altos custos de despoluição para controlar a emissão de poluentes, o lançamento de efluentes, o depósito irregular de resíduos perigosos e investimentos de controle ambiental.

A indústria é responsável por grande quantidade de resíduo – sobras de carvão mineral, refugos da indústria metalúrgica, resíduo químico e gás e fumaça lançados pelas chaminés das fábricas.

O resíduo industrial é um dos maiores responsáveis pelas agressões ao ambiente. Nele estão contidos produtos químicos (solventes, cianureto, pesticidas,), metais (chumbo, mercúrio, cádmio,) e solventes químicos que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados. Os resíduos sólidos são amontoados e enterrados; os líquidos são despejados em rios e mares; os gases são lançados no ar. Assim, a saúde do ambiente, e

conseqüentemente dos seres que nele vivem, torna-se ameaçada, podendo levar a grandes tragédias. O presente estudo identificou o impacto do descarte dos resíduos sólidos em especial industriais, a classificação desses resíduos quanto às normas vigentes e as principais maneiras de gerenciá-los.

***Palavras chave: resíduos; industriais, sustentabilidade.***

## *Abstract*

Waste are produced in all stages of human activities, waste, both in terms of composition and volume, differ depending on the practices of consumption and production methods. The main concerns are focused on the impact they can have on human health and the environment (soil, water, air and landscapes). Hazardous waste, produced mainly by industry, are particularly worrying, because when improperly managed, become a serious threat to the environment. The present study identified the impact of disposal of industrial solid waste in particular, to classify the waste as current rules and the main ways to manage them.

Understanding the problem of waste and the pursuit of their resolution require more than the adoption of technologies. An action on the source of the problem requires no reflection on the residue itself in the material, but as its cultural context, its symbolic significance, its role, and also on the relations established by the historical society with its waste.

The changes today are more demanded by society although they are still slow in reducing the pollution potential of Brazilian industry, especially with regard to older industries, which continue contributing the largest share of the pollutant load generated and the high risk of environmental accidents, and therefore necessary high costs of remediation to control the emission of pollutants, the effluent discharge, the irregular deposit of hazardous waste and environmental control investments. The industry is responsible for large amounts of waste - leftovers from coal, scrap metal industry, chemical residue and gas and smoke released by the factory chimneys. The industrial waste is one of the most responsible for the assaults on the environment. In it are contained chemicals (solvents, cyanide, pesticides), metals (lead, mercury, cadmium) and solvents, chemicals that threaten the natural cycles where they are dumped. Solid waste is piled up and buried; liquids are dumped into rivers and seas, the gases are released into the air. Thus, the health of the environment, and therefore the beings who live in it, becomes threatened, and can lead to great tragedies. The present study identified the impact of disposal of industrial solid waste in particular, to classify the waste as current rules and the main ways to manage them.

Password: waste, industrials, sustainability.

## **Introdução**

Problemas ligados a produção e o destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais nas grandes cidades, na maioria das vezes ainda permanecem sem receber a devida atenção.

A evolução das sociedades de consumo vem contribuindo para o aumento da quantidade e diversidade de resíduos que precisam ser descartados para dar lugar a novos bens de consumo, formando um ciclo que não pára de agredir o ambiente.

Porém, nem sempre o destino dos resíduos ocorre de forma adequada e, freqüentemente, o sistema utilizado é a disposição final no solo, em rios e no mar.. As áreas condenadas a receber toneladas de resíduos sem, no entanto, possuírem uma infraestrutura capaz de evitar os problemas oriundos desta atividade, terá seu uso futuro comprometido e serão responsáveis pela degradação ambiental das regiões sob sua influência, ocasionando riscos para a saúde humana, danos ao meio ambiente e diminuição dos recursos naturais existentes.

Dentre os problemas oriundos da disposição imprópria de grandes quantidades de resíduos, pode-se destacar: poluição do ar, poluição do solo, poluição das águas superficiais e subterrâneas, proliferação de vetores, contaminação da biota, poluição visual e sonora, desvalorização imobiliária, descaracterização paisagística e desequilíbrio ecológico, etc.

Além dos grandes depósitos oficiais de resíduos, deve-se destacar a ocorrência de pequenos e “móveis” depósitos clandestinos. Depósitos esses que – na maior parte dos casos – estão localizados em regiões afastadas e pouco urbanizadas, sendo sua vida útil condicionada à ação dos órgãos competentes: ação esta muitas vezes motivada por denúncias da população vizinha, de ONGs ou da mídia. Depósitos clandestinos oferecem riscos ao equilíbrio ambiental e à saúde humana uma vez que não se conhece a natureza dos resíduos depositados, sendo que muitos desses resíduos podem conter substâncias com potencial de causar sérios danos aos sistemas vivos.

## **1- A Realidade**

Então, o que fazer? Pergunta difícil de ser respondida, quando é notória a falta de estrutura dos órgãos competentes, que não conseguem fiscalizar as formas de tratamento ou destino final adequado e parecem inoperantes diante da existência de vários exemplos de atividades deficientes. No caso dos resíduos urbanos, as prefeituras – responsáveis pela coleta, transporte e destino final dos resíduos produzidos nas cidades – muitas vezes esbarram na deficiência de verbas e de preparo técnico de seus funcionários, além da falta de cobrança por parte da população e de uma estrutura de fiscalização eficiente por parte dos órgãos competentes.

A realidade vivida pelo setor industrial é bastante peculiar. Apesar de o gerador ser o responsável pelo destino final de seus resíduos, a carência de pessoal especializado, assim como empresas, e investimentos nessa área faz com que muitas indústrias considerem seus resíduos como verdadeiras “batatas-quentes”. As alternativas inadequadas vão desde o armazenamento em tambores no próprio pátio das indústrias (em locais de armazenamento “temporário” até que uma opção melhor apareça), sem maiores cuidados com o ambiente e com a segurança dos trabalhadores, até o descarte em locais clandestinos ou a mistura com os resíduos comuns do resto da indústria. As indústrias que resolvem investir nesta questão normalmente se envolvem em programas de reciclagem e de troca de resíduos com outras indústrias, ou se preocupam com uma alternativa de destino final adequada.

### **1.1-Destino dos Resíduos**

Considera-se que diversas substâncias contidas nos resíduos sólidos urbanos e industriais são persistentes no ambiente e têm a capacidade de bioacumulação nos seres vivos, podendo entrar na cadeia alimentar e causar danos à saúde humana.

Muitas prefeituras, órgãos de fiscalização ambiental e companhias de limpeza urbana estão despreparados para o levantamento e organização de dados sobre a

produção e destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais. Isso dificulta o conhecimento da realidade sobre a situação que envolve os resíduos gerados nas cidades brasileiras.

A nossa cultura com relação aos resíduos sempre foi a do descaso. Primordial sempre foi a retirada dos resíduos de nossas vistas. Qual era o seu destino, entretanto, nunca foi uma preocupação. Finalmente pode-se destacar que, embora os estudos relacionados aos impactos causados pela destinação inadequada dos resíduos sólidos possuam um caráter atual e urgente, infelizmente no Brasil ainda tem muito que melhorar a esse respeito. Entretanto, os locais de disposição de resíduos não podem mais ser tratados como verdadeiros guetos, escondendo ou negligenciando responsabilidades.

A realidade sobre a produção, tratamento e destino dos resíduos precisa ser conhecida de forma integrada e clara para que soluções adequadas sejam propostas. Nos dias atuais, os resíduos continuam sendo considerados como importantes fontes de contaminação do ambiente, ocasionando um efeito bumerangue para o próprio homem. É o que sabemos até o momento. Talvez outros efeitos só possam ser descobertos no decorrer dos anos, ou sentidos nas gerações futuras.

O objetivo desse estudo é de apresentar uma imagem de como os resíduos sólidos em especial industriais afetam o meio ambiente e estão sendo gerenciados. As informações a respeito do quantitativo, das origens, destino e expectativa desses resíduos as vistas da sociedade. E exposição de algumas alternativas que têm sido tomadas para minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades do homem.

## **2 - Classes dos resíduos**

Em 2004 a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou a nova versão da sua norma NBR 10.004 - Resíduos Sólidos. Norma esta que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

Nas atividades de gerenciamento de resíduos, a NBR 10.004 é uma ferramenta imprescindível, sendo aplicada por instituições e órgãos fiscalizadores. A partir da classificação estipulada pela Norma, o gerador de um resíduo pode facilmente identificar o potencial de risco do mesmo, bem como identificar as melhores alternativas para destinação final e/ou reciclagem. Esta nova versão classifica os resíduos em três classes distintas: classe I (perigosos), classe II (não-inertes) e classe III (inertes).

→ Classe 1 - Resíduos perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

→ Classe 2 - Resíduos não-inertes: são os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.

→ Classe 3 - Resíduos inertes: são aqueles que, ao serem submetidos aos testes de solubilização (NBR-10.007 da ABNT), não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo. Muitos destes resíduos são recicláveis. Estes resíduos não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo (se degradam muito lentamente). Estão nesta classificação, por exemplo, os entulhos de demolição, pedras e areias retirados de escavações. A tabela 1 mostra a origem, classes e responsável pelos resíduos.

Origem	Possíveis Classes	Responsável
Domiciliar	2	Prefeitura
Comercial	2, 3	Prefeitura
Industrial	1, 2, 3	Gerador do resíduo
Público	2, 3	Prefeitura
Serviços de saúde	1, 2, 3	Gerador do

Portos, aeroportos e terminais ferroviários	1, 2, 3	Gerador de resíduo
Agrícola	1, 2, 3	Gerador de resíduo
Entulho	3	Gerador de resíduo

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br>,

Tabela 1 – Origem, possíveis classes e responsável pelos resíduos

### 3- Resíduos industriais

Resíduo gerado pelas atividades agrícolas e industriais é tecnicamente conhecido como resíduo e os geradores são obrigados a cuidar do gerenciamento, transporte, tratamento e destinação final de seus resíduos, e essa responsabilidade é para sempre. O lixo doméstico é apenas uma pequena parte de todo o lixo produzido. A indústria é responsável por grande quantidade de resíduo – sobras de carvão mineral, refugos da indústria metalúrgica, resíduo químico e gás e fumaça lançados pelas chaminés das fábricas.

O resíduo industrial é um dos maiores responsáveis pelas agressões ao ambiente. Nele estão contidos produtos químicos (solventes, cianureto, pesticidas,), metais (chumbo, mercúrio, cádmio,) e solventes químicos que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados. Os resíduos sólidos são amontoados e enterrados; os líquidos são despejados em rios e mares; os gases são lançados no ar. Assim, a saúde do ambiente, e conseqüentemente dos seres que nele vivem, torna-se ameaçada, podendo levar a grandes tragédias.

O consumo habitual de água e alimentos - como peixes de água doce ou do mar - contaminados com metais pesados coloca em risco a saúde. As populações que moram em torno das fábricas de baterias artesanais, indústrias de cloro-soda que utilizam mercúrio, indústrias navais, siderúrgicas e metalúrgicas, correm risco de serem contaminadas.

Metais pesados são muito usados na indústria e estão em vários produtos. Apresentados na Tabela 2 os principais metais usados, suas fontes e riscos à saúde.

Metais	De onde vêm	Efeitos
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; serralheria; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água.	Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica.
Arsênio	Metalurgia; manufatura de vidros e fundição.	Câncer (seios paranasais)
Cádmio	Soldas; tabaco; baterias e pilhas.	Câncer de pulmões e próstata; lesão nos rins.
Chumbo	Fabricação e reciclagem de baterias de autos; indústria de tintas; pintura em cerâmica; soldagem.	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral)
Cobalto	Preparo de ferramentas de corte e furadoras.	Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar à morte
Cromo	Indústrias de corantes, esmaltes, tintas, ligas com aço e níquel; cromagem de metais.	Asma (bronquite); câncer.
Fósforo amarelo	Veneno para baratas; rodenticidas (tipo de inseticida usado na lavoura) e fogos de artifício.	Náuseas; gastrite; odor de alho; fezes e vômitos fosforescentes; dor muscular; torpor; choque; coma e até morte.
Mercúrio	Moldes industriais; certas indústrias de cloro-soda; garimpo de ouro; lâmpadas fluorescentes.	Intoxicação do sistema nervoso central
Níquel	Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.	Câncer de pulmão e seios paranasais
Fumos metálicos	Vapores (de cobre, cádmio, ferro, manganês, níquel e zinco) da soldagem industrial ou da galvanização de metais.	Febre dos fumos metálicos (febre, tosse, cansaço e dores musculares) - parecido com pneumonia.

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br/>

Tabela 2 - Principais metais usados na indústria, suas fontes e riscos à saúde

O setor da indústria elimina resíduo por vários processos. Alguns produtos, principalmente os sólidos, são amontoados em depósitos, enquanto que o resíduo líquido é, geralmente, despejado nos rios e mares, de uma ou de outra forma.

Alguns resíduos perigosos são jogados no meio ambiente, precisamente por serem tão danosos. Não se sabe como lidar com eles com segurança e espera-se que o ambiente absorva as substâncias tóxicas. Porém, essa não é uma solução segura para o problema. Muitos metais e produtos químicos não são naturais, nem biodegradáveis. Em consequência, quanto mais se enterram os resíduos, mais os ciclos naturais são ameaçados, e o ambiente se torna poluído. Desde os anos 50, os resíduos químicos e tóxicos têm causado desastres cada vez mais frequentes e sérios.

Na atualidade, há mais de 7 milhões de produtos químicos conhecidos, e a cada ano outros milhares são descobertos. Isso dificulta, cada vez mais, o tratamento efetivo do resíduo.

A destinação, tratamento e disposição final de resíduos devem seguir a Norma 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas que classifica os resíduos conforme as reações que produzem quando são colocados no solo:

perigosos (Classe 1- contaminantes e tóxicos);

não-inertes (Classe 2 - possivelmente contaminantes);

inertes (Classe 3 – não contaminantes).

Os resíduos das classes 1 e 2 devem ser tratados e destinados em instalações apropriadas para tal fim. Por exemplo, os aterros industriais precisam de mantas impermeáveis e diversas camadas de proteção para evitar a contaminação do solo e das águas, além de instalações preparadas para receber o lixo industrial e hospitalar, normalmente operados por empresas privadas, seguindo o conceito do poluidor-pagador.

As indústrias tradicionalmente responsáveis pela maior produção de resíduos perigosos são as metalúrgicas, as indústrias de equipamentos eletro-eletrônicos, as fundições, a indústria química e a indústria de couro e borracha. Predomina em muitas áreas urbanas a disposição final inadequada de resíduos industriais, por exemplo, o

lançamento dos resíduos industriais perigosos em lixões, nas margens das estradas ou em terrenos baldios, o que compromete a qualidade ambiental e de vida da população.

Para gerenciar a questão dos resíduos industriais, o Brasil possui legislação e normas específicas. Pode-se citar a Constituição Brasileira em seu Artigo 235, que dispõe sobre a proteção ao meio ambiente; a Lei 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente; a Lei 6.803/80, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição; as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 257/263 e 258, que dispõem respectivamente sobre pilhas, baterias e pneumáticos e, além disso, a questão é amplamente tratada nos Capítulos 19, 20 e 21 da Agenda 21 (Rio-92).

Em síntese, o governo federal, através do Ministério do Meio Ambiente – MMA e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA está desenvolvendo projeto para caracterizar os resíduos industriais através de um inventário nacional, para traçar e desenvolver uma política de atuação, visando reduzir a produção e destinação inadequada de resíduos perigosos.

Com a aprovação da Lei de Crimes Ambientais, no início de 1998, a qual estabelece pesadas sanções para os responsáveis pela disposição inadequada de resíduos, as empresas que prestam serviços na área de resíduos sentiram certo aquecimento do mercado – houve empresa que teve aumento de 20% na demanda por serviços logo após a promulgação da lei – mas tal movimento foi de certa forma arrefecido com a emissão da Medida Provisória que ampliou o prazo para que as empresas se adequem à nova legislação.

O operador, por sua vez, tem a responsabilidade de cumprir as obrigações legais em geral e aquelas decorrentes da licença que ele possui, em particular.

A esperança das empresas que investiram em tecnologia e instalações para tratamento e disposição de resíduos industriais está na disseminação da ISO 14000, pois as empresas que aderirem à norma terão que gerenciar adequadamente seus resíduos, e numa maior atuação fiscalizadora por parte dos órgãos de controle ambiental.

A soma das ações de controle, envolvendo a geração, manipulação, transporte, tratamento e disposição final, traduz-se nos seguintes benefícios principais:

- √ minimização dos riscos de acidentes pela manipulação de resíduos perigosos;
- √ disposição de resíduos em sistemas apropriados;
- √ promoção de controle eficiente do sistema de transporte de resíduos perigosos;
- √ proteção à saúde da população em relação aos riscos potenciais oriundos da manipulação, tratamento e disposição final inadequada.
- √ intensificação do reaproveitamento de resíduos industriais;
- √ proteção dos recursos não renováveis, bem como o adiamento do esgotamento de matérias-primas;
- √ diminuição da quantidade de resíduos e dos elevados e crescentes custos de sua destinação final;
- √ minimização dos impactos adversos, provocados pelos resíduos no meio ambiente, protegendo o solo, o ar e as coleções hídricas superficiais e subterrâneas de contaminação.

Muitas vezes, de acordo com Tondowski (1998), uma empresa quer tratar os seus resíduos e há uma consciência do gerador neste sentido, mas todo tratamento de resíduos, ou grande parte dos tratamentos de resíduos, representa custo. Mesmo a reciclagem gera custo e isso significa que, se uma determinada empresa fizer o tratamento e o seu vizinho ou competidor não o fizer, isto colocará a primeira empresa numa posição de menos competitividade no mercado.

Então, só procura o serviço, seja de gerenciamento ou de destinação de resíduos, aquele gerador que compete em termos globais e precisa apresentar uma política clara de meio ambiente, porque ele está produzindo algo aqui que será vendido, por exemplo, na Europa. Ele estará competindo a partir de um produto feito aqui com um produto feito em outro país, onde o seu competidor estará fiscalizando a forma como o produto foi feito aqui.

Um resíduo não é, por princípio, algo nocivo. Muitos resíduos podem ser transformados em subprodutos ou em matérias-primas para outras linhas de produção.

A Apliquim Tecnologia Ambiental, especializada em engenharia ambiental, em seu site <http://www.apliquim.com.br>, diz que o gerenciamento de resíduos tem-se transformado, nas últimas décadas, em um dos temas ambientais mais complexos. O número crescente de materiais e substâncias identificados como perigosos e a geração desses resíduos em quantidades expressivas têm exigido soluções mais eficazes e investimentos maiores por parte de seus geradores e da sociedade da forma geral. Além

disso, com a industrialização crescente dos países ainda em estágio de desenvolvimento, esses resíduos passam a ser gerados em regiões nem sempre preparadas para processá-los ou, pelo menos, armazená-los adequadamente.

A manipulação correta de um resíduo tem grande importância para o controle do risco que ele representa, pois um resíduo relativamente inofensivo, em mãos inexperientes, pode transformar-se em um risco ambiental bem mais grave.

Muitos empresários bem que gostariam de colaborar, efetivamente, para a despoluição não só por motivos éticos, mas, principalmente, práticos. O que se joga fora ocupa espaço e leva embora muita matéria-prima que poderia ser reaproveitada. Fala-se constantemente em reciclagem de materiais, mas ocorre que ainda estamos no início de um trabalho que demanda ousadia e paciência. E que nem sempre custa uma exorbitância.

Com relação aos resíduos industriais, seu gerenciamento adequado muitas vezes está relacionado às opções disponíveis e ao custo referente ao tratamento e disposição dos resíduos. Em algumas cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Porto Alegre houve a implementação das Bolsas de Resíduos, com intuito de troca, compra, venda ou mesmo doação de resíduos. Este tipo de reciclagem acaba sendo uma das opções para se tratar e destinar os resíduos gerados pelo setor industrial. Imprestáveis para algumas indústrias, certos resíduos podem servir de matéria-prima para outras. Como exemplos, podem ser citados pneus velhos, passíveis de serem reciclados em indústrias de tapetes de carros e artefatos de couro; borras de látex que são reutilizadas na indústria de cimento e o lodo de processos de tratamento de superfícies metálicas, que pode ser incorporado a artefatos de cimento (Araújo, 1997).

As soluções individuais para as indústrias brasileiras – principalmente médias e pequenas – muitas vezes são caras. Uma opção é a adoção de medidas coletivas, havendo a centralização do depósito de resíduos gerados por várias indústrias em um único local para seu tratamento e destinação. Além da reciclagem e da utilização de aterros, as indústrias também têm usado outras técnicas de tratamento de resíduos, como a incineração, solidificação, precipitação, neutralização, tratamento biológico, entre

outras. Além disso, alguns produtos podem ser recuperados, como acontece com óleos, ou reprocessados, no caso de areia de fundição (Anônimo, 1991; Rocca et al., 1993).

Em muitos casos o destino inadequado dos resíduos acaba ocorrendo por falta de fiscalização e de medidas mais rigorosas de punição. Entretanto, algumas indústrias – que almejam a certificação das Normas de Sistemas de Gestão Ambiental (série ISO 14.000) – estão se esforçando para se tornarem exceções no quadro geral brasileiro. As Normas de Sistemas de Gestão Ambiental indicam os meios para que o produto, serviço ou processo sejam ambientalmente sustentáveis. Isto ocorre através da implantação de procedimentos ou instruções de trabalho, visando o acompanhamento e controle das atividades. Neste sentido, o gerenciamento dos resíduos industriais gerados e a disposição final do produto ao término de sua vida útil são considerados primordiais para o sucesso de um programa de gestão ambiental (D'Avignon, 1995).

Outra questão que envolve o setor industrial é o chamado passivo ambiental. O processo industrial sempre gera algum tipo de resíduo, que nem sempre pode ser reciclado ou tem uma destinação segura. Nas transações comerciais este aspecto tem recebido destaque, na medida em que já são obrigatórios o conhecimento e contabilização do passivo ambiental existente. Nestas transações é necessário que sejam levantados todos os aspectos pertinentes ao desempenho da empresa frente ao ambiente, como a poluição do ar, da água e do solo; atendimento da legislação; destino dos resíduos gerados; etc. (Anônimo, 1998).

O passivo ambiental implica em compromissos relacionados ao meio ambiente e, conseqüentemente, contas a pagar. Assim sendo, multas e/ou obrigação de remediação de danos ambientais, risco de interdição das instalações com interrupção das operações e propaganda negativa que muitas vezes afetam a imagem da empresa e da marca, podem ser decorrentes de um passivo ambiental relevante (Anônimo, 1998). Indústrias que tinham como hábito corriqueiro enterrar seus resíduos no próprio pátio ou armazená-los sem cuidados, permitindo derramamentos e infiltrações no solo, hoje possuem um grande passivo capaz de envolver altos custos para a descontaminação e remediação de suas áreas, dificultando, inclusive, negociações futuras para venda destes terrenos. Nas transações imobiliárias de indústrias localizadas principalmente nas grandes cidades, como Rio de Janeiro e São Paulo, já é comum a preocupação com a

aquisição de um possível passivo, representado por resíduos, tanques e tubulações abandonados e enterrados.

Atualmente, um dos principais enfoques dados à questão dos resíduos industriais é a sua minimização. O desenvolvimento de tecnologias limpas e o incentivo à reciclagem e à minimização de resíduos estão crescendo, mas necessitam de pesquisa, investimento, mudança de processos e substituição de matérias-primas.

Finalmente, vários pontos sobre a produção e destino dos resíduos sólidos industriais ainda precisam ser analisados. Um deles é a dificuldade no conhecimento oficial e atualizado sobre a geração e destinação desses resíduos. Este fato é importante para que o próprio setor privado possa ter a iniciativa de gerar oportunidades de investimentos. Outros fatores que devem ser considerados são a existência de poucas – e muitas vezes desqualificadas – empresas prestadoras de serviço, reduzida mão-de-obra especializada e a falta de uma política de gerenciamento de resíduos nos estados.

Desta forma, a situação observada no país exemplifica nossa constante dificuldade em solucionar as grandes questões de interesse coletivo. Todo o quadro de incertezas e dificuldades com relação aos problemas que envolvem os resíduos urbanos e industriais produzidos no Brasil só tenderá a mudar se houver uma conscientização ampla – tanto por parte da sociedade, como dos políticos e dos empresários – e o reconhecimento da importância de todas estas questões.

#### **4-Produção e Destino dos Resíduos Sólidos**

A maior parte das prefeituras do Estado do Rio enfrenta grandes problemas relacionados com a questão dos resíduos urbanos e somente a minoria pode contar experiências bem sucedidas.

No caso de programas de reciclagem, deve-se lembrar que os que estão conseguindo ser mantidos contam com a participação popular na separação dos resíduos na fonte, a fim de aumentar a qualidade do material a ser reciclado. Várias usinas de

reciclagem e compostagem estão sendo instaladas em municípios contemplados com o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. Entretanto, se estas unidades não forem bem aceitas e operadas tanto pelas administrações atuais como futuras, poderão se transformar em breve em carcaças abandonadas, sem utilidade.

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, no Estado do Rio de Janeiro, em 2000, foram coletadas cerca de 39.220 toneladas de resíduos urbanos por dia, encaminhadas para várias áreas de disposição. Muitas dessas áreas estão localizadas nas proximidades de residências – quando dentro do perímetro urbano – e próximas a áreas com atividade agropecuária, quando encontradas fora do perímetro urbano (IBGE, 2002).

Algumas dessas áreas de disposição já se encontram saturadas ou em vias de saturação (Aterros Controlados de Santa Cruz, Itaguaí, Bangu e Aterro Metropolitano de Gramacho, por exemplo). Além disso, deve-se ressaltar também que várias áreas estão situadas em locais impróprios, às margens de cursos d'água ou ecossistemas protegidos, como é o caso do Aterro Controlado do Morro do Céu (Niterói) que se encontra em uma zona de mananciais e florestas; e o Vazadouro de Itaoca (São Gonçalo) e o Aterro Metropolitano de Gramacho (Duque de Caxias) que estão em áreas de manguezais do entorno da Baía de Guanabara.

Segundo estimativas do órgão de fiscalização ambiental do Estado do Rio de Janeiro (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA) do total de aproximadamente 500.000 toneladas de resíduos industriais produzidos mensalmente pelas indústrias situadas no estado, a maior parte constitui-se de resíduos não-inertes (classe II), seguido de resíduos inertes (classe III) e, por fim, de resíduos perigosos (classe I) (FEEMA, 2000).

De acordo com o Diagnóstico da Situação da Gestão Ambiental nas Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN & FGV, 2002), as pequenas indústrias consideram como principal aspecto ambiental em seu processo a geração de resíduos não perigosos, enquanto que para as grandes e médias indústrias os resíduos sólidos não perigosos aparecem em segundo lugar como principal problema ambiental (o problema mais relevante para essas últimas indústrias é a produção de efluentes líquidos).

As principais formas de tratamento/destinação dos resíduos industriais produzidos no Estado do Rio de Janeiro são as seguintes: reciclagem, aterro municipal, co-processamento, aterro industrial, estocagem, incineração, incorporação, fertilização ou landfarming, aterro de terceiros e outros destinos (FEEMA, 2000).

Menos de 2,5% dos resíduos perigosos produzidos no Estado são incinerados e apenas 13% são dispostos em aterros industriais. Para 49% desta classe de resíduos, a reciclagem é a prática mais adotada pelas indústrias (FEEMA, 2000). Esta informação coincide com os dados do Diagnóstico da Situação da Gestão Ambiental nas Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, onde as grandes e médias indústrias declararam que estão procurando investir mais na reciclagem do que na disposição final para resolver o destino dos resíduos produzidos em seus processos (FIRJAN & FGV, 2002).

Entretanto, para resíduos não-inertes e inertes, além da disposição em vazadouros municipais – responsáveis pelo recebimento de 46% dos resíduos – há também a opção da reciclagem, que aparece como segunda maior atividade para tratamento/destinação de resíduos não perigosos. A incineração, o co-processamento em fornos de cimento e os aterros industriais não chegam a receber 4% dos resíduos dessas classes (FEEMA, 2000).

Para coibir a disposição de resíduos não-inertes em vazadouros de lixo urbano, a FEEMA tem procurado intimar os principais geradores para que cessem tal prática. Aliado a isto e em parceria com os responsáveis pela operação dessas áreas – fundamentalmente com os responsáveis pelo Aterro Metropolitano de Gramacho – o órgão de fiscalização ambiental do Estado tem procurado controlar, por intermédio do manifesto de resíduos, a entrada de resíduos não-inertes no Aterro. Segundo a FEEMA (2000), o Aterro Metropolitano de Gramacho é a principal área de destinação final utilizada pelas indústrias da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Além do Aterro de Gramacho, as indústrias localizadas no Estado do Rio de Janeiro têm como opção para destinação de seus resíduos a TRIBEL – Tratamento de Resíduos de Belford Roxo (empresa localizada no complexo da Bayer S. A.), que possui aterro industrial e unidade de incineração para resíduos perigosos licenciados pela FEEMA.

Outro local que foi muito utilizado para a disposição final de resíduos industriais – o Centro Tecnológico de Resíduos (CENTRES) – atualmente encontra-se desativado. O CENTRES, localizado em Queimados, operou armazenando resíduos das indústrias do Estado do Rio de Janeiro desde 1986. No local estavam estocadas a céu aberto mais de 3.000 toneladas de resíduos industriais, incluindo sucata plástica, borras de tinta, lodo inorgânico etc., alguns, inclusive, classificados como resíduos perigosos. O CENTRES encontra-se interditado e sob responsabilidade da FEEMA e de uma empresa que está realizando a retirada dos resíduos que sobraram e uma avaliação da contaminação da área. As empresas que depositaram resíduos no local foram intimadas pela FEEMA a retirarem os resíduos e destinarem novamente de forma adequada. Denúncias de ONGs, contudo, ressaltam o despejo de resíduos industriais em cursos d'água e a existência de diversos vazadouros clandestinos no Estado do Rio de Janeiro, como os localizados em Nova Iguaçu, Queimados e São Gonçalo. Na maior parte dos casos, entretanto, é impossível a identificação dos responsáveis pelos despejos clandestinos.

Diante de tantos problemas, muitas indústrias estão dispostas a pagar para que a destinação final de seus resíduos seja adequada. Esta decisão, contudo, diz respeito a uma minoria formada por grandes empresas e multinacionais que possuem mão-de-obra especializada, capaz de escolher o melhor destino para cada tipo de resíduo e até mesmo enviá-los para outros estados, se considerarem escassas as alternativas existentes no Estado do Rio de Janeiro.

Dessa forma, como foi citado acima, a primeira alternativa das grandes indústrias para o destino de seus resíduos tem sido a reciclagem, pois a questão do passivo ambiental ainda continua a preocupar muitas empresas, principalmente as originadas de países desenvolvidos. A grande maioria das pequenas empresas, porém, declara que a disposição adequada dos resíduos não perigosos é a ação de controle e/ou prevenção ambiental escolhida para gerenciar seus resíduos, com resultados satisfatórios (FIRJAN & FGV, 2002). Entretanto, pode-se questionar se esta disposição está sendo feita realmente de forma adequada.

Dados do Diagnóstico da Situação da Gestão Ambiental nas Indústrias do Estado do Rio de Janeiro descrevem que 71% das pequenas indústrias da Região Centro-Norte do Estado do Rio (municípios de Bom Jardim, Cachoeira de Macacu, Cantagalo,

Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Moraes) declararam realizar a disposição adequada dos resíduos sólidos não perigosos. Todavia, nesses municípios são encontrados vazadouros e aterros controlados e, provavelmente, essas indústrias não estão retirando seus resíduos para encaminhá-los para outro município que possua um aterro com infra-estrutura adequada. Desta forma, pode-se supor que muitas destas indústrias consideram a disposição dos resíduos nas áreas existentes em seus municípios como adequada.

Uma vez que, para 42% das pequenas empresas, a falta de informações técnicas é a maior dificuldade encontrada para alcançar a melhoria ambiental (FIRJAN & FGV, 2002), não se pode garantir que essas mesmas empresas têm conhecimento e avaliação técnica suficientes para verificar se o que elas consideram disposição adequada dos resíduos, é realmente adequada ou não.

## **5-Áreas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos e Industriais.**

Pode-se observar que a maioria dos municípios que compõe o Estado do Rio utiliza os depósitos no solo como destino final para os seus resíduos e que vários desses depósitos estão situados no entorno da Baía de Guanabara ou nas proximidades de afluentes pertencentes à sua bacia hidrográfica.

Algumas dessas áreas acabam sendo destaque na situação geral encontrada, pelas suas dimensões, quantidade e natureza dos resíduos depositados, proximidade de núcleos populacionais e de ecossistemas e fontes de água. Vários exemplos podem ser destacados no Estado do Rio de Janeiro, dentre os quais serão abordados a seguir o Aterro Metropolitano de Gramacho e o Aterro Controlado do Morro do Céu.

### **5.1-Aterros Metropolitano de Gramacho**

O Aterro Metropolitano de Gramacho está situado no município de Duque de Caxias e opera desde 1976 em uma área de 1.300.000 m<sup>2</sup> (Anexo 1 – Foto 1).

O local recebe, em média, cerca de 7.000 toneladas de resíduos sólidos por dia, gerados nos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Nilópolis, Queimados e São João de Meriti (COMLURB, 2002). Os resíduos depositados normalmente compreendem resíduos urbanos, resíduos industriais não perigosos, lodos de dragagem, cascalhos, entulho, etc. (Anexo 1 – Foto 2).

A maior parte da área ocupada pelo aterro já está coberta, caracterizando locais com lixo recém depositado ou lixo depositado há mais tempo. Entretanto, como o local de operação está situado sobre uma camada de argila mole (que ajuda na impermeabilização do terreno), freqüentemente ocorre a acomodação do terreno e em áreas já recobertas muitas vezes observa-se a abertura de fendas e a exposição dos resíduos outrora cobertos. Essas fendas permitem que o chorume confinado sob a massa de lixo seja liberado e escorra novamente em direção as bordas da área de operação.

Em 1995 a Construtora Queiroz Galvão passou a ser responsável pela operação do local, implantando algumas ações como a construção de uma vala que circunda o aterro e que aprisiona parte do chorume produzido e de uma barreira de contenção com argila, para impedir o escoamento do chorume; a construção de uma rede interligada para drenagem de gases e do chorume e a construção de uma estação de tratamento do chorume (Anexo 2 – Foto 3). Atualmente a recuperação e operação da área estão sob responsabilidade da empresa EBEC – Engenharia Brasileira de Construção (COMLURB, 2002).

Após identificação e pesagem, os caminhões seguem para a praça de operação, onde o lixo é descarregado. O lixo é coberto por argila, depois de ser espalhado e compactado. O local onde são despejados os resíduos de serviços de saúde é cercado para evitar a ação de catadores. Os catadores fundaram uma cooperativa autônoma e alguns trabalham na separação de materiais recicláveis, na usina existente na área do aterro.

O chorume é captado por caminhões-pipa e usado na irrigação das pistas internas, que não são asfaltadas. Este tipo de procedimento é realizado para a recirculação interna do chorume e para diminuição da poluição do ar por partículas suspensas, originadas da movimentação dos caminhões coletores dentro do aterro (Sisino, 1997).

A área do aterro está situada às margens da Baía de Guanabara, em uma zona de manguezais próxima dos rios Iguaçu e Sarapuí, que foi afetada pelo despejo de chorume e pela operação na área. Atualmente há um programa de replantio de mudas de espécies nativas da área e pode-se observar a recuperação de parte do manguezal (Anexo2 – Foto 4). Um dos grandes problemas ocasionados pelo local é a presença de urubus, que representam um risco para as aeronaves que utilizam o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Antônio Carlos Jobim, situado na Ilha do Governador, na direção oposta ao aterro.

Antes do aterro, o bairro de Jardim Gramacho era esparsamente habitado. Atualmente, grande parte de sua população sobrevive da atividade de catação e do trabalho em empresas de sucata e ferros-velhos situados nas redondezas (Sisinno, 1997).

A vida útil do Aterro Metropolitano de Gramacho está estimada em mais dois anos e a COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro) pretende acabar com as atividades de Gramacho em 2004. O grande desafio atualmente é a escolha de uma outra área para preparação de um novo aterro para disposição dos resíduos produzidos nos municípios que utilizam o Aterro de Gramacho.

## **5.2-Aterro Controlado do Morro do Céu**

Inaugurado em caráter de emergência, o Aterro Controlado do Morro do Céu começou a operar em 1983 como vazadouro de lixo. Atualmente seu sistema de operação (pesagem dos caminhões coletores, compactação e cobertura parcial do lixo, captação parcial das águas de escoamento superficiais e subterrâneas, etc.) permite enquadrá-lo na categoria de aterro controlado. O Aterro localiza-se no bairro do Caramujo, a 12 km do centro da cidade de Niterói (RJ). No local são depositadas cerca de 600 toneladas de resíduos por dia, em uma área de aproximadamente 200.000 m<sup>2</sup>.

O Aterro está localizado nos fundos de um vale, em uma área com vegetação secundária bem desenvolvida e atualmente devastada para ampliação da área de operação (Anexo 3 – Foto 5).

No local eram encontrados vários pequenos olhos d'água e a nascente do córrego Mata-Paca, utilizado na irrigação de hortas de uma localidade vizinha ao bairro

do Caramujo. O córrego Mata-Paca é contribuinte da Bacia da Baía de Guanabara, desaguando na área do manguezal de Guapimirim, em São Gonçalo.

O local é operado pela Companhia de Limpeza Urbana de Niterói (CLIN). Não há tratamento do chorume produzido, notando-se apenas que em alguns pontos ocorre a captação de parte deste e das águas pluviais em calhas superficiais e em manilhas subsuperficiais (Anexo 3 – Foto 6). Esta captação é direcionada para fora dos limites do aterro, sendo lançada – após o muro de contenção – no córrego Mata-Paca (Anexo 4 – Foto 7). Além de poluir as águas superficiais, parte do chorume penetra no solo, poluindo-o e comprometendo o uso futuro da área de despejo.

A operação é feita, basicamente, da seguinte forma: após a pesagem dos caminhões coletores na balança situada no alto da área do depósito, os caminhões descem até a praça de operação, onde o lixo é despejado. Os catadores (cerca de 150) agem rapidamente, enquanto os tratores de esteira empurram, espalham e compactam o lixo. Parte deste, então, é coberto de forma irregular. O material utilizado para a cobertura é retirado da própria área do entorno, por meio de desmontes e cortes na encosta (Sisinno, 1997).

No local foram instalados alguns pontos de captação dos gases produzidos. Entretanto, o risco de deslocamentos e incêndios no aterro ainda existe.

Observa-se uma grande quantidade de vetores transmissores de doenças, principalmente moscas. Há também grande quantidade de urubus que utilizam as matas vizinhas para fazerem seus ninhos, procriando com facilidade.

O aterro encontra-se próximo a um núcleo populacional. No loteamento Jardim Paulista, um dos componentes deste núcleo, os moradores da Rua A são os mais prejudicados, pois o início dessa rua situa-se a aproximadamente 65 metros do muro de contenção que limita a área do aterro. A ocupação é anterior à construção do aterro: há quem viva no local há mais de 20 anos (Sisinno, 1997) (Anexo 4 – Foto 8).

O Aterro foi contemplado com verba do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara para a construção de usinas de reciclagem, compostagem e incinerador, mas as obras estão inacabadas.

## **6-Os Resíduos como Fontes de Substâncias Químicas**

Resíduos sólidos, segundo definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são resíduos em estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 1987b).

A NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação, da ABNT, tem por objetivo classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais para o ambiente e para a saúde pública, a fim de que estes possam ser manuseados e terem destino adequado (ABNT, 1987b).

Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em 3 classes:

- resíduos classe I – perigosos;
- resíduos classe II – não-inertes;
- resíduos classe III – inertes.

Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade (ABNT, 1987b).

Os resíduos não-inertes são aqueles que não se enquadram como perigosos nem como inertes, podendo ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (ABNT, 1987b).

Os resíduos inertes, por sua vez, são os resíduos que, após o teste de solubilização segundo a NBR 10.006 (ABNT, 1987c), não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor (por exemplo, tijolos,

vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente) (ABNT, 1987b).

A toxicidade é uma das características que confere periculosidade a um resíduo. Segundo a NBR 10.004, a toxicidade pode ser avaliada através da análise química de uma amostra representativa do resíduo lixiviado, após o teste de lixiviação realizado de acordo com a NBR 10.005 (ABNT, 1987a) ou de testes de toxicidade com ratos e coelhos para determinação da Concentração Letal 50 (CL50 por via inalatória) ou Dose Letal 50 (DL 50 por via dérmica para coelhos ou DL50 por via oral para ratos) (ABNT, 1987b).

Os resíduos sólidos urbanos podem conter numerosas espécies químicas consideradas perigosas para a saúde humana e ambiental, cujas concentrações dependem, principalmente, da composição do lixo, uma vez que este é constituído pela mistura complexa de objetos e materiais de várias naturezas (Chilton & Chilton, 1992; Rousseaux et al., 1989).

Estudos da Environmental Protection Agency (EPA) em amostras de chorume de lixo urbano, relacionaram mais de 100 espécies químicas perigosas ao ambiente e à saúde humana, dentre as quais foram citadas arsênio, tetracloreto de carbono, mercúrio, chumbo, etc. (Chilton & Chilton, 1992).

Deve-se ressaltar também que o descarte de resíduo doméstico perigoso – representado por pilhas e baterias, tintas, inseticidas domésticos, óleo lubrificante, produtos de limpeza em geral, solventes domésticos, etc. – contribui para que espécies químicas utilizadas nestes produtos sejam concentradas nas áreas de despejo (Scudder & Blehm, 1991; McEvoy & Rossignol, 1993). Dessa forma, programas de separação de resíduos domésticos perigosos têm sido incentivados em vários países como, por exemplo, Estados Unidos (Wolf et al., 1997) e Suécia.

Com relação ao setor industrial, de acordo com o processo de produção, vários resíduos contendo diferentes espécies químicas podem ser gerados. Por exemplo, nas indústrias de pigmentos inorgânicos, resíduos perigosos como lodo de tratamento de águas residuárias podem conter cádmio, cromo hexavalente, níquel, cianeto, tolueno e nitrobenzeno (ABNT, 1987b).

## **6.1-Metais**

Os resíduos sólidos urbanos são uma importante fonte de metais para o ambiente. Em um estudo sobre os teores de metais no lixo urbano, Rousseaux et al. (1989) descrevem que os plásticos são fonte de cádmio e níquel; o chumbo e o cobre se são encontrados em quantidades consideráveis nos metais ferrosos; a borracha representa uma grande fonte de zinco e as pilhas são grandes contribuintes de mercúrio, cádmio, zinco e níquel à massa de lixo.

Outra constatação sobre como os metais podem ser encontrados nos resíduos sólidos urbanos é o fato de que compostos de lixo produzidos a partir de resíduos não segregados possuem concentrações de metais maiores do que os que utilizaram a matéria orgânica previamente separada dos outros componentes do lixo. A contaminação da matéria orgânica pode ser ocasionada por adesão de partículas de pequeno diâmetro de óxidos metálicos, cinzas e limalhas à massa orgânica úmida, sendo comum a presença de vários metais – como chumbo, zinco, manganês e cobre – em compostos de lixo mal processados, onde foi utilizada matéria orgânica não separada na fonte (Egreja Filho et al., 1999).

O chorume – líquido formado a partir da decomposição da matéria orgânica e de restos de vários materiais encontrados nos resíduos urbanos – é conhecido por conter diferentes metais em concentrações variadas. Ray & Chan (1986) descrevem faixas de concentração de metais bem variáveis, encontradas em diversas amostras de chorume. Os metais descritos com mais frequência no chorume são: arsênio, cromo total, cádmio, cobre, chumbo, níquel, ferro e zinco (EPA, 1995; Ray & Chan, 1986).

Além dos resíduos urbanos, os metais estão presentes no processo de produção de várias indústrias, sendo muito comuns em resíduos originados dos segmentos de galvanoplastia, metalmecânica, fabricação de tintas, produção de pigmentos inorgânicos, etc. (ABNT, 1987b).

## **6.2-Compostos orgânicos**

A ocorrência e concentração de compostos orgânicos em áreas de disposição de resíduos têm merecido grande atenção atualmente. Substâncias químicas tóxicas e

carcinogênicas podem ser freqüentemente encontradas nestas áreas. As fontes desses contaminantes incluem resíduos sólidos municipais e seus produtos de degradação, resíduos perigosos depositados ilegalmente e pequena quantidade de resíduo perigoso legalmente disposto (Kromann & Christensen, 1998; Ruokojärvi et al., 1995).

Resíduos domésticos perigosos têm apresentado em seu conteúdo significantes quantidades de substâncias orgânicas, como pesticidas, hidrocarbonetos e solventes (Deipser & Stegmann, 1994; Schrab et al., 1993).

Estudos de Öman & Hynning (1993), Sawhney & Kozloski (1984), Welander & Henrysson (1998), entre outros, sobre poluentes orgânicos analisados em chorume, relataram a presença de benzeno, tolueno, acetona, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e fenóis; substâncias igualmente listadas pela EPA (Chilton & Chilton, 1992). Indústrias petroquímicas e de produtos químicos orgânicos são as principais fontes de resíduos industriais como óleos usados, solventes e borras oleosas, que contêm em sua composição vários compostos orgânicos, como HPAs, fenóis, benzeno, tolueno e xilenos (ABNT, 1987b; FEEMA, 2000).

Dentre as substâncias prioritárias para investigação em locais de disposição de resíduos, citadas pela OMS (2000) e por Johnson & De Rosa (1997), estão os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, escolhidos com base em sua toxicidade, persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação.

### **6.3-A Toxicidade dos Resíduos**

A toxicidade potencial de misturas complexas, como é o caso do chorume e do percolado dos aterros de resíduos industriais, não deveria ser determinada com base apenas nas características físico-químicas, pois somente através dos testes de toxicidade pode-se avaliar os efeitos totais para os organismos vivos das diversas substâncias presentes nessas amostras.

Os testes de toxicidade integram os efeitos de variáveis de exposição ambiental como solubilidade, pH, antagonismo, sinergismo e tempo de exposição. Uma vez que

todas essas variáveis são capazes de afetar a toxicidade das substâncias a um organismo vivo, os testes podem indicar uma resposta mais precisa (Cheung et al., 1993).

A avaliação do risco ao ambiente resultante da disposição de resíduos sólidos ainda ocorre exclusivamente por análise química de amostras de chorume e percolado de resíduos em muitos países. Entretanto, tem sido aceito que dados químicos isoladamente não permitem avaliar o efeito tóxico total resultante da presença de substâncias químicas originadas dessas áreas. Como consequência, atenção crescente tem sido dada por parte de pesquisadores de diversos países na incorporação de testes de toxicidade em avaliações de risco de áreas de disposição de resíduos.

Apesar de conter inúmeras substâncias tóxicas em sua composição, o chorume comumente é despejado em ecossistemas aquáticos. Desta forma, a execução de testes de toxicidade com organismos de diferentes níveis tróficos da cadeia aquática (Bernard et al., 1996 e 1997) – como algas (*Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus* sp.), microcrustáceos (*Daphnia pulex* e *Daphnia magna*) e peixes (*Salmo gairdneri*) – torna-se um importante instrumento para a determinação da toxicidade desse efluente aos organismos aquáticos (Atwater, 1983; Cameron & Koch, 1980; Cheung et al., 1993; Enserink et al., 1991).

O uso de testes de toxicidade para avaliação de locais de disposição de resíduos tem mostrado que uma avaliação completa deve ser realizada com diferentes organismos como algas, microcrustáceos, peixes, minhocas, bactérias e vegetais (Miller et al., 1985). Essa avaliação pode ser realizada tanto em amostras do solo oriundo das áreas de disposição como em amostras de resíduos lixiviados (Coya et al., 2000; Hauser et al., 1997; Matthews & Hastings, 1987; Warren-Hicks et al., 1989).

Vários problemas ambientais podem ser observados nas áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos e industriais. Esses problemas são responsáveis por danos aos componentes bióticos, abióticos e à saúde humana.

#### **6.4-Produção do Chorume**

Com relação aos resíduos sólidos urbanos, um dos principais problemas observados é decorrente da ação nociva do chorume. O processo básico de formação do

chorume pode ser resumido da seguinte forma: ao percolar através dos resíduos, a água dissolve componentes orgânicos, inorgânicos e produtos em decomposição, formando um líquido altamente poluente e de complexa composição, denominado vulgarmente como chorume.

A produção do chorume implica na necessidade do lixo possuir em sua constituição elevados teores de matéria orgânica e umidade. São várias as fontes de água que contribuem para a formação e aumento da vazão do chorume, destacando-se: a água das chuvas (considerada como a principal fonte), a água de nascentes, a umidade contida nos resíduos ou líquidos depositados na área de despejo, a umidade local e a umidade oriunda da decomposição do lixo orgânico (Schalch, 1984). O chorume é um efluente variável entre áreas de despejo e ao longo do tempo e espaço em uma mesma área. Vários fatores influenciam sua composição, destacando-se: a composição, quantidade e tipos de resíduos; as operações de trituração e compactação sobre os resíduos; o clima local e a estação do ano e o estágio de decomposição dos resíduos (Chu et al., 1994).

O chorume do lixo disposto recentemente possui diferenciação daquele oriundo do lixo que já se encontra há mais tempo depositado. Esta observação pode ser notada, por exemplo, através do pH – que a princípio tende a ser ácido, passando para a faixa alcalina em chorume de lixo depositado há mais tempo – e da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) que, inicialmente altas, tendem a decrescer com o passar do tempo (Philips et al., 1994).

Deve-se ressaltar que a concentração de uma espécie química em particular encontrada no chorume vai depender principalmente da composição e do estágio de decomposição do lixo, da solubilidade daquela espécie química e do pH da amostra (Philips et al., 1994).

## **7-Poluição do Ar**

Quando a matéria orgânica encontrada no lixo é fermentada por microorganismos dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, em um ambiente impermeável ao ar, ocorre a produção do biogás: gás composto por metano, dióxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio e gás sulfídrico (Schalch, 1984).

O metano, componente predominante do biogás, é um gás inflamável que pode formar com o ar uma mistura explosiva, tornando por isso comum a combustão espontânea do lixo nas áreas de despejo (Schalch, 1984).

Emberton & Parker (1987) observam que, mesmo depois de sua desativação, em algumas áreas de despejo o metano continua a ser produzido lentamente durante um longo período de tempo. Sisino (1997) verificou que em algumas áreas de um vazadouro desativado (Vazadouro de Viçoso Jardim) na cidade de Niterói (RJ), focos de liberação de metano ainda podiam ser observados, mesmo depois do término do uso do local para disposição de resíduos urbanos, ocorrido há quase 15 anos. A queima proposital ou acidental que ocorre em algumas áreas de despejo também constitui uma importante fonte de poluição do ar originada nessas áreas. Além disso, deve-se destacar também a contribuição dos compostos voláteis, freqüentemente encontrados nas áreas de despejo de resíduos urbanos e industriais.

Dependendo de fatores como a intensidade e direção dos ventos, temperatura e volatilidade dos compostos, a poluição do ar oriunda de uma área de despejo poderá ser observada também em áreas vizinhas.

No caso de áreas de despejo onde haja, mesmo que precariamente, algum tipo de espalhamento, compactação e cobertura dos resíduos, as poeiras suspensas vindas dos próprios resíduos e produzidas durante as etapas de operação também contribuirão para a poluição do ar no local. Caso as vias de acesso dos caminhões que transportam os resíduos não estejam pavimentadas, a circulação contínua destes veículos pesados também contribuirá para a liberação de partículas suspensas.

## **8-Poluição das Águas Superficiais e Subterrâneas**

Quando despejado nos cursos d'água superficiais, o chorume – devido a sua alta carga orgânica – irá alterar a DBO e DQO da água, influenciando negativamente na fauna e flora macro e microscópica. Atingindo os lençóis d'água subterrâneos – fonte de abastecimento de água para a população em muitos locais – o chorume poluirá poços, podendo dar origem a endemias se houver organismos patogênicos em sua carga poluidora.

Os resíduos sólidos contêm espécies químicas que podem ser carregadas pelas chuvas e entrar em contato com os cursos d'água superficiais e subterrâneos através de escoamento superficial e infiltração. Dessa forma, poderá haver o comprometimento do uso dessas fontes e da biota aquática, com risco de ocorrer intoxicações em um grande número de pessoas.

Enquanto a contaminação de um manancial de superfície geralmente constitui-se em um problema visível, facilmente identificável por mudança da cor da água, presença de espuma, odor e aparecimento de organismos aquáticos mortos, a contaminação dos aquíferos é invisível e pode transformar-se em um problema crônico, na medida em que só venha a ser identificado por meio de seus efeitos na saúde pública (Rebouças, 1992).

Vários estudos mostram a preocupação com o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas existentes em áreas de disposição de resíduos, por causa do risco de contaminação dessa importante fonte de água para a população (Kjeldsen et al., 1998). Populações residentes longe das áreas de disposição também correm o risco de estar consumindo água de um lençol contaminado. Assim sendo, a água subterrânea contaminada a partir de uma área de disposição de resíduos constitui-se em um dos maiores problemas relacionados à saúde das populações indiretamente afetadas por essas áreas.

Além do risco à saúde das populações, deve-se ressaltar o alto custo, o tempo dispensado e a necessidade de utilização de modernas e caras tecnologias para a descontaminação de um aquífero subterrâneo.

## **9-Poluição do Solo**

As áreas utilizadas para o despejo de resíduos, mesmo depois de desativadas, terão seu uso futuro comprometido devido às conseqüências da disposição imprópria de toneladas de resíduos durante anos. Espécies químicas encontradas nos resíduos (como metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, etc.) poderão ser retidas pelos solos e assimiladas pelos vegetais, não sendo recomendada, deste modo, a utilização de culturas para alimentação (Chaney, 1983).

Muitas destas substâncias podem ser corrosivas para alguns materiais de construção, sendo um risco para edificações erguidas na área. Além disso, o gás

acumulado nestas áreas, conforme dito anteriormente, pode provocar explosões, incêndios e instabilidade do terreno, constituindo-se em um problema para a urbanização futura de áreas de despejo desativadas (Emberton & Parker, 1987).

As complexas reações químicas que acontecem no solo são possíveis pela presença de milhares de espécies de bactérias, fungos, algas, protozoários, minhocas, etc. A grande maioria destes organismos vive no primeiro horizonte do solo e é desta pequena camada que os vegetais retiram nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, garantindo alimentação para os animais que habitam sobre ela. Entretanto, esta é a primeira a ser atingida pelas substâncias tóxicas. Quando estas substâncias são descartadas, os organismos morrem, comprometendo diretamente todo o sistema de respiração do solo, ou podem bioacumular esses compostos e continuar suas funções com todo o seu ciclo de vida alterado (Sisinno & Oliveira, 2000).

A maior ou menor permanência no solo das espécies químicas originadas dos resíduos dependerá de vários fatores, como a mineralogia do solo, pH, teor de matéria orgânica, entre outros, bem como das propriedades físico-químicas dos compostos, transformações biológicas e químicas, mecanismos de transporte para outros meios, condições climáticas observadas na área de despejo, etc. (EPA, 1991; Sisinno & Oliveira, 2000).

## **9.1-Risco à Saúde com a Disposição de Resíduos**

Os resíduos não devem ser desprezados no estudo da estrutura epidemiológica, uma vez que pela sua variada composição, podem conter agentes biológicos patogênicos e/ou substâncias químicas que podem alcançar o ser humano, principalmente de forma indireta, afetando sua saúde.

Uma vez que os resíduos sólidos contêm uma grande variedade de substâncias, pode haver o risco de intoxicação humana através do ar, água, solo ou através da cadeia alimentar a partir da ingestão de vegetais e animais – aquáticos e terrestres – utilizados como alimento, que tenham sido contaminados por substâncias passíveis de serem bioacumuladas, como metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Chaney, 1983).

Além do consumo de animais e vegetais que estiveram em contato com o solo contaminado, pode ocorrer a exposição humana direta através da água superficial ou subterrânea, pela pele ou ingestão acidental de solo, muito comum no caso de crianças. Substâncias voláteis e partículas em suspensão poderão causar problemas de saúde por meio da inalação direta do ar.

Todos esses problemas influenciam negativamente a saúde das populações residentes nas proximidades das áreas de disposição de resíduos: populações que muitas vezes já se encontravam no local antes do início da instalação dessas áreas ou se mudaram para as redondezas devido à falta de melhores condições de moradia.

Além da população em geral, pode-se destacar que outros grupos de risco são os profissionais que trabalham na operação das áreas de despejo e os catadores de lixo que, em virtude de suas atividades, estão normalmente em contato contínuo e direto com os resíduos.

## **9.2-Riscos Relacionados à Disposição de Resíduos**

O lixo urbano, por conter material fecal, resíduos de estabelecimentos de saúde, resíduos de varrição de ruas, etc., contém um amplo espectro de organismos patogênicos (Pereira Neto & Stentiford, 1992). Estudos em áreas de disposição de lixo urbano relatam a presença de vários patógenos, como *Clostridium* sp., *Salmonella* sp., *Shigella* sp., etc. (Scarpino et al., s.d.). Estes organismos patogênicos também podem ser originados do lixo oriundo de uma residência, uma vez que neste é comum a presença de absorventes higiênicos, lenços de papel, fraldas, curativos, etc. (Turnberg, 1991).

Uma vez que várias doenças facilmente disseminadas são reconhecidamente de veiculação hídrica, estudos como os de Assmuth & Strandberg (1993) e Karnchanawong et al. (1993), entre outros, demonstram uma real preocupação com relação à qualidade das águas subterrâneas próximas às áreas de disposição de resíduos.

Além dos microorganismos, os resíduos sólidos urbanos podem conter numerosos elementos tóxicos, como citado anteriormente, que igualmente representam um risco para a saúde humana.

Além destes, os urubus que são atraídos pela matéria orgânica em decomposição encontrada no lixo podem albergar o agente da toxoplasmose (Leite et al., 1990), constituindo-se igualmente em um risco para as aeronaves que circulam nas proximidades de áreas de despejo de lixo.

Ozonoff et al. (1987) demonstraram como resultado de seu estudo em moradores residentes nas proximidades de várias áreas de disposição de resíduos perigosos que estes apresentavam mais incidência de sintomas respiratórios (respiração ofegante, tosse, resfriados persistentes, etc.), problemas cardíacos e casos de anemia, comparados com um grupo controle, localizado mais afastado dessas áreas.

Segundo Harding & Greer (1993), há evidências de que as populações que moram perto de locais de disposição de resíduos perigosos são mais propensas a apresentar níveis elevados de mortalidade por câncer, defeitos de nascença, doenças no fígado e distúrbios neurológicos.

## **10-GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**

A hierarquização para implantar programas de gerenciamento deve obedecer uma seqüência lógica e natural, expressa pelas seguintes providências:

- ✓ Redução na fonte consiste na prevenção da geração de resíduos, através do uso de matérias primas menos tóxicas e/ou mudanças de processo;
- ✓ Minimização da geração de resíduos através de modificações no processo produtivo, ou pela adoção de tecnologias limpas, mais modernas que permitem, em alguns casos, eliminar completamente a geração de materiais tóxicos;
- ✓ Reprocessamento dos resíduos gerados transformando-os novamente em matérias primas ou utilizando para gerar energia;

- ✓ Reutilização dos resíduos gerados por uma indústria como matéria-prima para outra indústria;
- ✓ Separação de substâncias tóxicas das não tóxicas, reduzindo o volume total de resíduo que deva ser tratado ou disposto de forma controlada;
- ✓ Processamento físico, químico ou biológico do resíduo, de forma a torná-lo menos perigoso ou até inerte, possibilitando sua utilização como material reciclável;
- ✓ Incineração, com o correspondente tratamento dos gases gerados e a disposição adequada das cinzas resultantes;
- ✓ Disposição dos resíduos em locais apropriados, projetados e monitorados de forma a assegurar que venham, no futuro, a contaminar o meio ambiente.

Pode-se colocar que essas soluções, na seqüência em que estão apresentadas, decrescem em eficácia, pois partem de um conceito de eliminação do problema (o de evitar a geração do resíduo) e terminaram na EVITAR, MINIMIZAR, REUSAR, REICLAR, REAPROVEITAR, TRATAR e DISPOR disposição controlada deste resíduo gerado (isto é, em um aterro ou uma lagoa).

## **10.1 Valorização e Recuperação**

A valorização permite a extração de materiais que possam ser comercializados ou utilizados para geração de energia, reduz custos e volume de resíduos a serem dispostos, bem como custos de produção. Entre os resíduos que oferecem maior potencial de valorização: os metais, os óleos, solventes, alguns minerais não metálicos de composição estável e os carvões ativados exaustos. A valorização quando bem administrada, permite que um resíduo de uma empresa seja utilizado como matéria-prima para outra. Para agilizar essas trocas foram criadas as bolsas de resíduos, administradas muitas vezes por associações de classe e algumas entidades públicas.

A recuperação tem como objetivo recuperar frações ou algumas substâncias que possam ser aproveitadas no processo produtivo desde que em condições econômicas mais ou menos vantajosas. A meta de toda a indústria e a engenharia ambiental é a recuperação e reuso de todos os seus resíduos incluindo especialmente os perigosos. A

recuperação dos resíduos representa um serviço benéfico à sociedade, independente da rentabilidade.

Os metais constituem bons exemplos de recuperação a partir de seus resíduos. Mais de 60% do chumbo consumido atualmente no mundo provêm de processos de recuperação, superando, portanto o chumbo primário, produzido a partir de minérios.

Através da recuperação de materiais reaproveitáveis consegue-se redução de volume de resíduos e, conseqüente disposição, redução do custo do tratamento e aumento da vida útil das jazidas dos minerais menos comuns na natureza (fato que, por conseqüência, contribui para reduzir a poluição causada pelas atividades mineradoras). Para recuperar resíduos perigosos deve-se estar atento primeiro à quantidade destes. Nessa abordagem numérica do problema não se inclui, naturalmente, um fator intangível que é o mérito de recuperar e valorizar, sobre a simples solução de dispor.

Outra possibilidade é de recuperar a energia contida em um resíduo com poder calorífico para tal, transformando-o em eletricidade ou vapor, para a utilização pela própria fonte geradora ou para venda a terceiros. É uma prática utilizada comumente em agroindústrias, mas pode ser também utilizada em outros tipos de indústrias que possuam caldeiras. O co-processamento de resíduos em fornos de cimento é uma técnica de recuperação relativamente recente que substitui outros tratamentos como, por exemplo, a incineração.

### **10.1.1 Pilhas Secas e Alcalinas**

As pilhas secas são do tipo zinco-carbono, geralmente são usadas em lanternas, rádios e relógios. Esse tipo de pilha tem em sua composição Zn, grafite e MnO<sub>2</sub> que pode evoluir para MnO(OH). Além desses elementos são adicionados alguns elementos para evitar a corrosão como: Hg, Pb, Cd, In.

As pilhas alcalinas são compostas de um anodo, um pino de aço envolvido por zinco em uma solução de KOH alcalina (pH~14), um catodo de anéis de MnO<sub>2</sub> compactado envolvido por uma camada de aço niquelado, um separador de papel e um isolante de nylon.

### **8.1.2 Baterias Recarregáveis**

Com a utilização em massa de aparelhos sem fio, notebooks, telefones celulares e outros produtos eletrônicos aumentou a demanda de baterias recarregáveis. Como as baterias de Ni-Cd apresentam problemas ambientais, devido à presença do cádmio outros tipos de baterias recarregáveis portáteis passaram a ser desenvolvidas. Esse tipo de bateria é amplamente utilizado em equipamentos médico de emergência e aviação. As baterias recarregáveis de níquel metal hidreto (NiMH) são aceitáveis em termos ambientais e tecnicamente podem substituir as de Ni-Cd em muitas de suas aplicações, mas o preço de sua produção ainda é elevado. A bateria de íons lítio foi colocada no mercado visando uma opção à substituição da bateria de Ni-Cd (Tenório e Espinosa, 2003).

### **10.2-Reciclagem de Pilhas e Baterias**

As pilhas e baterias, quando descartadas em lixões ou aterros sanitários, liberam componentes tóxicos que contaminam o solo, os cursos d'água e os lençóis freáticos, afetando a flora e a fauna das regiões circunvizinhas e o homem, pela cadeia alimentar. Devido a seus componentes tóxicos, as pilhas podem também afetar a qualidade do produto obtido na compostagem de lixo orgânico. Além disso, sua queima em incineradores também não consiste em uma boa prática, pois seus resíduos tóxicos permanecem nas cinzas e parte deles pode volatilizar, contaminando a atmosfera.

A resolução 257/99 do CONAMA permite o descarte de pilhas em aterros até 0,010% em peso de mercúrio, 0,015 em peso de cádmio e 0,200% em peso de chumbo, para as pilhas comuns. Segundo a resolução, fica proibido lançar estes resíduos “in natura” a céu aberto; em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços, cavidades subterrâneas, redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, além de queimá-los a céu aberto ou em recipientes não adequados (art. 8º). Entretanto, o art. 13º permite que se joguem as pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no art. 6º junto ao lixo doméstico, em aterros sanitários licenciados. A preocupação dos ambientalistas é que a resolução não considera que 80% dos municípios do país não têm aterro sanitário e que 96% dos resíduos produzidos diariamente vão para o meio ambiente sem nenhum cuidado.

O que fazer com as pilhas e baterias?

- ✓ Evitar jogar pilhas no lixo doméstico
- ✓ Envie algumas pilhas usadas ao fabricante: torne-o consciente de sua preocupação.
- ✓ Prefira pilhas e baterias livres de mercúrio, cádmio ou chumbo.
- ✓ Procure as pilhas (ou baterias) de longa duração. Reutilize sempre que possível.
- ✓ Evite equipamentos movidos à pilha. É melhor prevenir do que remediar

No Brasil há somente uma empresa que recicla pilhas e baterias de celulares, instalada em Suzano/SP, há 9 anos – Suzaquim Indústrias Químicas Ltda. Recicla 250 ton./mês de pilhas e baterias. Os sais e óxidos dos metais são utilizados em indústrias de refratários, em pigmentos, em tintas para pisos e vasos, em cerâmicas, além de indústrias químicas em geral. Os plásticos da carcaça são encaminhados às indústrias manufaturadoras de plástico. Os processos utilizados são pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos. Processo Pirometalúrgico – após a moagem, o ferro é separado magneticamente. Os outros metais são separados tendo em conta os diferentes pontos de fusão. Uma queima inicial permite a total recuperação do mercúrio e do zinco nos gases de saída. O resíduo é então aquecido acima de 1000°C com um agente redutor, ocorrendo nesta fase a reciclagem do manganésio e de mais algum zinco. Trata-se, portanto de um processo térmico que consiste em evaporar à temperatura precisa, cada metal para recuperá-lo depois, por condensação.

### **10.3-Lâmpadas fluorescentes**

Uma lâmpada fluorescente típica é composta por um tubo selado de vidro preenchido com gás argônio à baixa pressão (2,5 Torr) e vapor de mercúrio, também à baixa pressão parcial. O interior do tubo é revestido com uma poeira fosforosa composta por vários elementos. O Quadro 3 relaciona a concentração desses elementos em mg/kg da poeira fosforosa.

#### **10.3.1 Reciclagem de Lâmpadas**

O processo de reciclagem se inicia a partir de informações e esclarecimentos aos geradores de resíduos, com relação ao transporte para que não ocorra a quebra dos bulbos até a garantia final de que o mercúrio seja removido dos componentes recicláveis e que os vapores de mercúrio serão contidos durante o processo de reciclagem. As

operações são monitoradas para que a concentração de vapor de mercúrio no ambiente não ultrapasse os limites de exposição ocupacional - 0,05 mg/m<sup>3</sup>, conforme a Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

O processo de reciclagem mais usado e em operação em várias partes do mundo envolve basicamente duas fases:

#### Esmagamento

As lâmpadas usadas são introduzidas em processadores especiais para esmagamento, onde os materiais constituintes são separados por peneiramento, separação eletrostática e ciclonação, em cinco constituintes distintos:

- ✓ Terminais de alumínio;
- ✓ Pinos de latão (presença de Pb);
- ✓ Componentes ferros-metálicos;
- ✓ Vidro, poeira fosforosa rica em Hg;
- ✓ Isolamento baquelítico

### **10.4-Pneus Inservíveis**

O mesmo pneu velho que incomoda e ameaça a saúde da população nos aterros sanitários e lixões também pode garantir uma viagem tranquila pelas estradas do País, não rodando junto com os veículos, mas fazendo parte da própria via em que eles transitam (WebResol, 2003).

A recuperação como asfalto ecológico consiste na simples trituração dos pneus e moagem dos resíduos, reduzidos a pó fino. A borracha contida nos resíduos, na forma vulcanizada, não sofre modificação e não é separada dos demais compostos. Da trituração, as partículas não maiores que 5 mm e com umidade de no máximo 2% são misturadas ao asfalto na proporção de 1 a 3% em peso. Diversas rodovias como a Régis Bittencourt (BR-116), que liga o Sul ao Nordeste do Brasil, está utilizando o "asfalto ecológico" e chegando a ótimos resultados. Ainda no trecho da estrada que passa pela cidade gaúcha de Guaíba. O trabalho iniciou nos quilômetros 318 e 320, onde cerca de 700 pneus foram derretidos e unidos à massa asfáltica para reforçar toda a estrutura e,

de quebra, acabar com os insistentes buracos que colocam em risco quem passava pelo local. A iniciativa partiu dos pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A regeneração da borracha dos pneus se constituiu como mais uma alternativa, para reciclagem deste material. A borracha regenerada de pneus pode ser empregada na fabricação de muitos artefatos, como tapetes, pisos industriais e de quadras esportivas, sinalizadores de trânsito, rodízios para móveis e carrinhos. Também é utilizada na recauchutagem de pneus, no revestimento de tanques de combustível, como aditivo em peças de plásticos aumentando-lhes a elasticidade e em outros usos.

Tratar um resíduo significa transformá-lo de tal maneira que se possa reutilizá-lo posteriormente, ou dispô-lo em condições mais seguras e ambientalmente aceitáveis. As principais formas de tratamento são:

- ✓ Conversão dos constituintes tóxicos em formas menos perigosas ou insolúveis;
- ✓ alteração da estrutura química facilitando sua incorporação ao ambiente;
- ✓ destruição dos compostos tóxicos;
- ✓ separação das frações tóxicas, reduzindo volume e periculosidade.

## **10.5-Disposição de Resíduos**

### **10.5.1-Aterros**

A disposição de resíduos é a solução mais antiga e tradicional adotada pelo homem para dar destinação aos resíduos que gera. Os aterros podem ser divididos em duas classes sanitários, utilizados principalmente para resíduos urbanos e industriais. Além desses, ainda existem os lixões e os aterros clandestinos que proliferam nos arredores dos grandes centros urbanos de países em desenvolvimento, constituindo-se em foco de poluição e riscos à saúde pública. Os aterros sanitários e industriais permitem o confinamento seguro dos resíduos em termos de contaminação ambiental e saúde pública. Os resíduos são dispostos em camadas compactadas e cobertas por uma camada de terra que será a base para uma nova camada de resíduos.

Esse tipo de aterro evita a propagação de odores, fogo e fumaça, a proliferação de animais e as atividades marginais de catação. Sua instalação deve ser feita em área

adequadamente escolhida, sobre solo impermeável e afastada de corpos d'água, permitindo o controle e o tratamento dos líquidos percolados, o chorume. Os gases produzidos pela decomposição dos resíduos poderão ser aproveitados ou então queimados no próprio local. Os aterros industriais requerem projeto e execução mais elaborados que os aterros sanitários, em razão dos tipos de materiais que deverão receber, particularmente quando se trata de resíduos perigosos. Um aterro industrial requer impermeabilização rigorosa de sua base, com materiais naturais ou sintéticos, mantas plásticas especiais, e também uma cobertura impermeável para as células que já tiverem sido preenchidas, a fim de evitar a infiltração de águas de chuva e possibilitar o controle de emanações gasosas. É também importante manter uma distância de vários metros do fundo das valas do aterro até o nível do freático no local. Por estes motivos é fator determinante a escolha do local para implantação do aterro. As condições para a implantação de um aterro de resíduos perigosos foram definidas na Conferência de Basileia em março de 1994 (UNEP, 1994). As condições mínimas são:

- ✓ local adequado do ponto de vista geológico, e sobretudo hidrológico;
- ✓ local relativamente afastado de zonas densamente povoadas;
- ✓ local de acesso fácil sem passar pelo meio de aglomerados populacionais;
- ✓ impermeabilização do local de disposição;
- ✓ sistema de recolhimento e tratamento de lixiviados e percolados;
- ✓ cobertura dos resíduos.

O monitoramento desse tipo de aterro tem que ser permanente, a fim de prevenir a possibilidade de contaminação do solo ao redor e das águas subterrâneas. Deve-se também procurar reduzir ao mínimo a quantidade de material lixiviado emitido pelo aterro industrial, evitando-se a disposição de resíduos muito úmidos e pastosos. Não obstante sejam gerados em quantidades reduzidas nos aterros bem construídos e operados, esses líquidos lixiviados devem ser constantemente analisados e tratados antes de lançados no corpo receptor.

A vida útil de um aterro é função do volume de material que recebe na unidade de tempo e da densidade aparente do material. De acordo com uma visão sistêmica da natureza este deve ser concebido de forma que a sua vida útil seja prolongada, para tanto a segregação dos resíduos é fundamental. O aterro é uma solução relativamente barata, se comparadas com outras soluções como, por exemplo, a incineração e, por isso

acabam penalizados se fossem pré-tratados. Por isso é conveniente conjugar o uso dos aterros com soluções que minimizem os resíduos, Roth (1996).

A imagem de risco que ainda cerca os aterros é em grande parte aumentada por fracassos ocorridos no passado, motivados por projetos incorretos e operações não monitoradas. Contudo, com cuidados, tanto na fase de projeto como durante a operação, os aterros oferecem, hoje, um elevado grau de confiabilidade.

### **10.5.1 Seleção de áreas**

Considerações importantes:

- ✓ a localização deve ser a mais de 200 m de vertentes, arroios, rios e demais corpos d'água superficiais, distância medida horizontalmente a partir da cota máxima de inundação;
- ✓ o nível da água do lençol freático na sua cota mais elevada deverá observar uma distância mínima de 2,5 m da base do aterro;
- ✓ o aterro não deverá situar-se à margem de rodovias, estradas e demais vias de uso comum, devendo observar uma distância mínima de 20 m, a partir da faixa de domínio;
- ✓ a direção predominante dos ventos deverá ser no sentido oposto as áreas mais densamente povoadas, ou seja, da cidade para o local do aterro.
- ✓ prever a necessidade de acesso do material de cobertura, o ideal é que possa ser disponibilizado pelo próprio local;
- ✓ prever vida útil da área compatível com o empreendimento, não sendo inferior a 5 anos;
- ✓ priorizar solo com permeabilidade baixa (argiloso) para maior garantia operacional e menores custos de projeto.

## 11-CONCLUSÃO

Nesse universo, gerenciar os resíduos sólidos de forma a garantir a qualidade de vida da população, não somente é fundamental para o ambiente, como é condição de atendimento das demandas urbanas de maneira adequada. A gestão de resíduos sólidos é muito mais do que uma questão essencialmente técnica, mas parte de um processo, onde homem deve agir como agente transformador do meio e ao mesmo tempo, ser responsável em frear a degradação do planeta, desenvolvendo caminhos de qualidade, sobretudo através da melhoria de condições de vida a todas as espécies. Em decorrência de ações de controle cada vez mais restritivas, custos com tratamento e disposição final mais cara, o gerador é incentivado a promover a não geração e a minimização dos resíduos. Por este motivo a política de diminuição da geração na fonte vem sendo largamente difundida e praticada no mundo inteiro, estando diretamente relacionada com outras práticas adotadas pelas empresas, tais como: aumento de produtividade e qualidade total. Dentro desta visão preventiva devemos estar atentos no gerenciamento de resíduos, especialmente os perigosos, pois:

A melhor forma de tratar os seus resíduos é não gerá-los. Assim sendo, deve ser feito um estudo para avaliar as reais possibilidades de redução de geração na indústria. Em primeiro lugar, deve-se evitar os resíduos que são gerados por desperdício, erros operacionais, etc. Em segundo plano, deve se estudar os processos e verificar se através de modificações, não é possível a minimização dos mesmos (Carvalho, 1993, p.100).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2004). Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos – Classificação: NBR 10004. São Paulo, 2004.
- \_\_\_\_\_. (1998). O que está sendo feito com os resíduos industriais? Revista Saneamento Ambiental. São Paulo: n. 54, p. 16-20. nov/dez 1998.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (1999). A alternativa da incineração. Revista Saneamento Ambiental. São Paulo: n. 55, p.32-35. jan/fev (1999).
- Andrietta, A.J. (2002). Pneus e Meio Ambiente: Um Grande Problema Requer Uma Grande Solução. Disponível em: <http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipneus.htm>. Acesso em 13.04.12.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA GRÁFICA (2002) – Legislação Ambiental e a Indústria Gráfica. Porto Alegre – Abril de 2002.
- BACKER, P. (1995). Gestão ambiental: a administração verde. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark. 1995. 252 p.
- BRASIL (1998). Lei no 9605 de fevereiro de 1998. A Lei do meio ambiente. Revista Saneamento ambiental, São Paulo: n. 49, encarte, jan/fev 1998.
- BRESSAN, D. (1996). Gestão racional da natureza. São Paulo: Hucitec, 1996. 111 p.
- CARNEIRO, Schelley. O meio ambiente no contexto econômico. Tecnologia hoje, <http://www.tecnoje.com.br> Acesso em 23.04.12.
- CORSON, W. H. (1996). Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente. São Paulo: Augustus, 1996. 413 p.
- DÖBEREINER, C. (2003). Gerenciamento ambiental. Tecnologia hoje, Disponível em: <http://www.tecnoje.com.br>. Acesso em 15.05.12.
- DONAIRE, D. (1995). Gestão Ambiental na Empresa. São Paulo: Atlas, 1995.
- \_\_\_\_\_. (1990). Resíduos Sólidos Industriais Porto Alegre: Paginação irregular , [1990?]
- GALVÃO, J. B. Filho ; ASSUNÇÃO, J. V. (1991). Gerenciamento de resíduos industriais e a técnica de “waste minimization”, [S. l.]: p. 7-13, 1991.
- FURTADO J.(2003). Produção Limpa, prevenção de resíduos & segurança química (dez 2001). <http://www.teclim.ufba.br/jsfurtado/frame.asp?id=gestaosq>. Acesso em 20/04/2003.
- \_\_\_\_\_. et al (1998). Manual de Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia de água e Energia. São Paulo: Fundação Vanzolini, 1998.
- GESTÃO AMBIENTAL COMPROMISSO EMPRESARIAL. (1996). São Paulo: Instituto Herbert Levy, 1996.
- GOODYEAR ; IBAMA. (1990). Reciclagem de pneus. Revista Saneamento Industrial, São Paulo: n. 55, p. 8, jan/fev 1990.
- GONÇALVES, R. B.; NASCIMENTO, L. F. (2002). Impacto da aplicação de Técnicas de Produção Limpa: Caso Pigozzi. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Gramado/RS. 1997. Anais... XVII ENEGEP (1 CDROM). Disponível na Internet via www. URL: <http://www.portalga.ea.ufrgs.br/Arquivo.asp#gestamb> Arquivo capturado em 17/05/2012.
- GONÇALVES R. B. (1997). Impacto do uso de técnicas de produção limpa, 1997. 102 p. 102 p. (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GREENPEACE. (2002). O que é produção limpa? . Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br>. Acesso em: 14/04/2012.
- GREVE, P. (1998). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA

- SANITÁRIA E AMBIENTAL. Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, 1998 1v. capítulo I, não paginado.
- GUTBERLET, J. (1996). Cubatão: desenvolvimento, exclusão social e degradação ambiental. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 1996. 244 p.
- IPT (1998). Plasma. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo: n. 53, p. 16-17, nov/dez 1998.
- Lemos, J. A. P.; Neder, L. de T. C. (2002). Encapsulamento: Uma Técnica Moderna De Processamento De Resíduos Sólidos Perigosos. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL ABES, 2002. 538p. 351-360.
- LIMA, L. M. Q. (1991). Tratamento de Lixo. 2. ed. rev. São Paulo: Hemus, 1991. 240 p.
- MAIMON, D. (1996). Passaporte verde: gestão ambiental e competitividade. Rio de Janeiro: Quallitymark. 1996. 120 p.
- MARGULIUS, S. (1996). Meio Ambiente: aspectos técnicos e econômicos, 2 ed. Brasília: IPEA. 1996. 246 p.
- NEGREIROS, S. (1998). O lixo nosso de cada dia. Revista Saneamento ambiental, São Paulo: n. 50, p. 17-22. mar/abr 1998.
- \_\_\_\_\_. (1997). Resicontrol-Projeto diferenciado para tratar resíduos. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo: n. 46, p. 42-44 jul/ago 1997.
- NEMEROW, N. L. (1991). Industrial and hazardous waste treatment. New York: Internacional Thomson Publising Inc. 1991. 743 p
- NILSSON, K. (1990). Padrões de emissão para incineração de resíduos. Revista Bio, São Paulo, p. 13-16, [1990?]
- TOCCHETTO, M. R. L. (1999). O gerenciamento dos resíduos sólidos no Rio Grande do Sul considerando a implantação do Pólo Automotivo de Gravataí, 1999. 153 p. (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- TOCCHETTO, M. R. L.; SOARES, MÁRIO ROGÉRIO KOLBERG (2003). O gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, 2003. Programa de Desenvolvimento de Recursos Humanos . ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, Edição revisada 2003.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2004) Implantação de Gestão Ambiental em Grandes Empresas com Atividade Galvânica no Rio Grande do Sul. 2004. 176 p. Doutorado em Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Engenharia Metalúrgica, dos Materiais e de Minas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- TOCCHETTO M. R. L e PEREIRA L. C. (2004a). Desempenho Ambiental e Sustentabilidade. Disponível em:  
[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/desempenho\\_ambiental.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/desempenho_ambiental.html). Acesso em 20.04.2012
- \_\_\_\_\_. (2004b). Qualidade Ambiental e Ecoeficiência: nova postura para indústrias de alto impacto. Disponível em  
[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/qualidade\\_amb.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/qualidade_amb.html). Acesso em 19.4.2012

- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. (2004c). Água: Esgotabilidade, Responsabilidade e Sustentabilidade. Disponível em:  
<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/acervo.php?chave=166&cp=est>  
Acesso  
em 16.04.2012.
- TONDOWSKI, L. (1998). O cuidado com as soluções “criativas”. Revista Saneamento Ambiental. São Paulo: n. 54, p. 20-21, nov/dez 1998.
- VALLE, C. E. (1995). Qualidade ambiental: como ser competitivo protegendo o meio ambiente: (como se preparar para as normas ISO 14000). São Paulo: Pioneira, 1995. 117 p.
- \_\_\_\_\_. (1998). Um passo à frente dos regulamentos ambientais: uma mudança cultura. Revista Meio Ambiente Industrial. São Paulo: n. 14, p.63, set/out 1998.
- VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Organizadores). (1997). Gestão de recursos naturais renováveis e de desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. 500 p.