

**Projeto, Operação e
Monitoramento de
Aterros Sanitários**

Resíduos Sólidos

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

Promoção Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE

Instituições integrantes do Nucase Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor Saneamento-PMSS

Patrocínio FEAM/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Comitê gestor da ReCESA

- Ministério das Cidades;
- Ministério da Ciência e Tecnologia;
- Ministério do Meio Ambiente
- Ministério da Educação;
- Ministério da Integração Nacional;
- Ministério da Saúde;
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES);
- Caixa Econômica Federal (CAIXA);

Comitê consultivo da ReCESA

- Associação Brasileira de Captação E Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária E Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos E Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – Concefet
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura E Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão Para A Assistência Social E Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – Fncbhs
- Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – Forproex
- Fórum Nacional Lixo E Cidadania – L&C
- Frente Nacional Pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel
- Rede Brasileira de Capacitação Em Recursos Hídricos – Cap-Net Brasil

Parceiros do Nucase

- Cedae/RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
- Cesan/ES – A Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comlurb/RJ – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- DLU/Campinas – Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas
- Fundação Rio-Águas
- Incaper/Es – O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
- SAAE/Itabira – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Itabira – MG.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANASA/Campinas – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
- SLU/PBH – Serviço de Limpeza Urbana da prefeitura de Belo Horizonte
- Sudecap/PBH – Superintendência de desenvolvimento da capital da prefeitura de Belo Horizonte
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNIVALE – Universidade Vale do Rio Doce

**Projeto, Operação e
Monitoramento de
Aterros Sanitários**

Resíduos Sólidos

Guia do profissional em treinamento

Nível 2

E74 Esgotamento sanitário : operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte : ReCESA, 2008.
112 p.

Nota: Realização do NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental e coordenação de Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Emília Wanda Rutkowski, Isaac Volschan Junior e Sérvio Túlio Alves Cassini.

1. Esgotos Sanitários – tratamento. 2. Água e esgoto. 3. Esgotos domésticos. 4. Tecnologia sanitária – Esgotos. 5. Águas residuais – Purificação – Tratamento residuais. I. Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

CDD – 628.35

Catálogo da Fonte : Ricardo Miranda – CRB/6–1598

Conselho Editorial Temático

Liséte Celina Lange – UFMG
Álvaro Luiz Gonçalves Cantanhade – UFRJ
Eglé Novaes Teixeira – Unicamp

Profissionais que participaram da elaboração deste guia

Professora Liséte Celina Lange
Professor Gustavo Ferreira Simões
Consultores: Wesley Schettino de Lima (conteudista);
Cícero Antônio Antunes Catapreta (conteudista);
Izabel Chiodi Freitas (validadora)

Créditos

Composição final

Cátedra da Unesco de Educação à Distância – FAE/UFMG
Juliane Correa | Sara Shirley Belo Lança

Projeto Gráfico e Diagramação

Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

Impressão

Editora Sigma

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.

Apresentação da ReCESA

A criação do Ministério das Cidades no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e de redução das desigualdades sociais.

Trata-se de uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e

da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias, visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados núcleos regionais e um comitê gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que o projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós, que constituímos um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário “contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal”.

O Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

– **Nucase** tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O Nucase é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, tendo como instituições co–executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o Nucase têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

Coordenadores institucionais do Nucase

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três terão por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo Nucase, merece destaque a produção dos Guias dos profissionais em treinamento, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi–alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

Equipe da central de produção de material didático – CPMD

Apresentação da área temática:

Resíduos Sólidos Urbanos

A série de guias relacionada aos resíduos sólidos urbanos resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de dezenas de profissionais. Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta aos serviços de limpeza urbana dos municípios, prefeituras, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definirem os temas que a comunidade técnica e científica da Região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do projeto Nucase.

Os temas abordados nesta série dedicada aos resíduos sólidos urbanos incluem: Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos; Processamento de resíduos sólidos orgânicos; Saúde e segurança do trabalho aplicada ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos; Gerenciamento de resíduos da construção civil; Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e perigosos; Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários. Certamente há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado aos profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática de resíduos sólidos urbanos

Sumário

Introdução	10
Resíduos sólidos	13
Caracterização e classificação de resíduos sólidos	14
Formas de tratamento de resíduos sólidos	17
Disposição final de resíduos sólidos	xx
Aterro sanitário	27
Seleção área	27
Licenciamento ambiental	28
Projeto e implantação	36
Método de execução	xx
Projeto geométrico	xx
Sistema de drenagem de águas pluviais	xx
Sistemas de impermeabilização de base e cobertura intermediária e final	xx
Sistemas de drenagem e tratamento de lixiviados	xx
Sistemas de drenagem e tratamento de gases	xx
Atividades complementares à implantação	xx
Operação	49
Monitoramento	50
Encerramento	62
Reavaliando os conhecimentos	101
Unidades de Conversão	104
Referências bibliográficas	xx

Introdução

Caro Profissional,

O aterro sanitário é a opção correta sob vários aspectos (ambiental, sanitário, social, entre outros) para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Contudo, antes de encaminhar os resíduos sólidos ao aterro sanitário, devemos nos perguntar se seria possível reciclá-los, tratá-los, reutilizá-los ou minimizar sua geração, visando prolongar a vida útil dos aterros e torná-los empreendimentos sustentáveis ao longo dos anos. Além disso, quando as etapas de um aterro não são bem planejadas e executadas, ele pode vir a causar vários problemas ao meio ambiente, à sociedade e à saúde coletiva.

Por exemplo, quando uma área para implantação de um aterro sanitário não é bem selecionada, pode-se comprometer seriamente a presença de espécies animais e vegetais daquela região, ou encarecer os custos de operação do aterro pelo simples fato de o mesmo estar longe de jazidas, as quais forneceriam materiais para a impermeabilização e cobertura.

Por outro lado, se a execução do sistema de impermeabilização do aterro sanitário, que ocorre na etapa de implantação de um aterro, não for bem executada, poderá ocorrer a contaminação das águas subterrâneas pelos lixiviados, o que colocaria em risco, possivelmente, uma água que poderia servir para o consumo humano.

Outro exemplo seria o caso de os gases gerados dentro de um aterro sanitário não serem

bem monitorados. O lançamento desses gases, indiscriminadamente, na atmosfera causa enormes problemas, como o agravamento do efeito estufa.

Como vimos, Profissional, exemplos não faltam de impactos negativos que um aterro mal projetado, operado e monitorado pode trazer.

Assim, um dos objetivos deste guia é discutir formas de minimizar esses impactos negativos e, para tal, estruturamos a oficina em dois conceitos-chave:

- Resíduos sólidos;
- Aterro sanitário.

Antes de prosseguirmos, gostaríamos que você e seus colegas, coletivamente, respondessem às questões a seguir.

Atividade



Você é contratado para implantar um aterro sanitário em um município onde a disposição final de resíduos sólidos urbanos é realizada em um lixão. Sistematize as etapas que você considera necessárias para a viabilização desse empreendimento. Justifique cada uma dessas etapas.

Todos os tipos de resíduos gerados em uma cidade devem ser encaminhados ao aterro sanitário? Por quê? Responda à pergunta, levando em consideração aspectos ambientais, sociais, sanitários, econômicos e de sustentabilidade.

No final deste guia, discutiremos novamente as respostas dadas no item anterior. Agora, vamos iniciar nossas atividades e estudos.

OBJETIVOS:

- Apresentar um conceito de resíduos sólidos;
- Apresentar, discutir e trabalhar a classificação e a caracterização de resíduos sólidos;
- Apresentar e discutir formas de tratamento de resíduos sólidos;
- Contextualizar e discutir a disposição final de resíduos sólidos no Brasil e seus impactos no meio ambiente, na saúde coletiva e na sociedade.

Resíduos Sólidos

Caro Profissional, uma ação se repete todos os dias em nossos lares, no trabalho, nas ruas e em outros locais, sem nos darmos conta das consequências futuras dela. Essa ação é a geração de resíduos sólidos, mais conhecidos como lixo. Se pararmos para refletir, nós, seres humanos, geramos resíduos sólidos desde o momento em que acordamos até o momento de ir para a cama. Para exemplificar o que foi dito até agora, vamos ler o texto “Cenas do Cotidiano”, no qual é mostrada a geração de resíduos sólidos no nosso dia-a-dia.

Cenas do Cotidiano

Antes de sair para o trabalho, damos uma arrumada na casa. Recolhemos o lixo do banheiro, jogamos fora o jornal do dia anterior, rasgamos alguns papéis e correspondências inúteis, juntamos as sobras de uma reuniãozinha da noite anterior e entramos na cozinha para fazer o café. Terminada essa refeição, sobram migalhas de pão, a caixa do leite, o coador de papel, as cascas de frutas, o potinho de iogurte. Juntamos tudo isso num saco

plástico, que amarramos e colocamos num lugar de onde possa ser levado, mais tarde, para longe dali. E assim tem início, diariamente, uma enorme geração de lixo doméstico, que continua aumentando e só termina quando as luzes se apagam. O preparo das refeições, o lanche das crianças, a faxina em algum armário (que rende sacos e sacos de coisas para jogar fora); enfim, tudo isso dá, em média, meio quilo de lixo por pessoa, por dia.

Adaptado de: Guia Pedagógico do Lixo.
Fonte: http://www.ambiente.sp.gov.br/EA/adm/admarqs/guia_do_lixo.pdf (Acesso em: janeiro de 2008).



Então, Profissional, essa cena se repete em sua casa? Os resíduos gerados em seu lar são parecidos com os mencionados no texto?

Bom, até agora falamos de geração de resíduos, mas não definimos os resíduos sólidos. A seguir, apresentaremos uma definição para eles.

A **NBR 10004 (ABNT, 2004)** define os resíduos sólidos como sendo os “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta 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 seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia disponível”.

NBR: Norma Brasileira.

ABNT: fundada em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. É uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como único Foro Nacional de Normalização.

Adaptado de: <http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1024X768> (Acesso em: abril de 2007).



Resíduos de serviço de saúde



Resíduos comerciais



Resíduos da construção civil



Resíduos domiciliares

Como podemos concluir pela definição anterior, os resíduos sólidos são provenientes de diversas fontes geradoras. Assim, eles possuem características diferentes. Uns são mais volumosos, como o entulho da construção civil; outros apodrecem rapidamente, como é o caso de cascas de frutas e restos de alimentos; outros são tóxicos, como é o caso de pilhas e baterias. Conhecer as propriedades e características dos resíduos é de fundamental importância para o bom gerenciamento deles. Assim, na seção seguinte, discutiremos a caracterização e a classificação dos resíduos sólidos.

Você sabia?

O gerenciamento de resíduos é uma seqüência de ações e atividades que ajudam a melhorar os serviços de limpeza urbana. Essas ações e atividades estão ordenadas nas seguintes etapas: princípio dos 3Rs (Redução, Reutilização e Reciclagem), acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, disposição final e limpeza de logradouros.

Caracterização e classificação de resíduos sólidos

Vimos, até o momento, que existem variadas fontes geradoras de resíduos sólidos em uma cidade, e que, quanto mais conhecermos as características desses resíduos, melhor poderemos gerenciá-los. Assim, antes de caracterizá-los e classificá-los, você e seus colegas realizarão, coletivamente, a seguinte atividade proposta.



Atividade

Que diferença existe entre caracterizar e classificar um resíduo?
Discuta a sua resposta.

Encontra-se, a seguir, uma lista de resíduos gerados no meio urbano. Proponha, juntamente com seus colegas, uma forma de classificá-los e explique como funciona a classificação adotada por vocês.

Restos de alimentos	Cacos de tijolo	Solvente	Garrafa pet	Bisturi Contaminado
				

Poda de árvore	Graxa e óleos de baterias	Gesso	Papelão	Remédios vencidos
				

A partir de sua experiência profissional, liste alguns benefícios da caracterização e da classificação dos resíduos sólidos para o gerenciamento deles como um todo, em particular para etapas de tratamento e disposição final (aterro sanitário).

E aí, Profissional, como foi a atividade realizada anteriormente? A caracterização e a classificação são realmente úteis para o gerenciamento de resíduos? Elas são utilizadas no serviço em que você atua? Guarde suas respostas, pois, ao final desta seção, voltaremos a essa atividade e a faremos novamente.

Você e seus colegas apontaram as diferenças entre caracterizar e classificar os resíduos sólidos. Mas o que significam esses dois conceitos?

Putrescível: passível de apodrecer; aquilo que apodrece.

Sazonal: que varia conforme a época ou estações do ano.

A caracterização é um método cujo objetivo é quantificar e qualificar a geração de resíduos. A caracterização é normalmente realizada por meio de uma análise de composição gravimétrica, ou seja, da razão entre o peso das frações constituintes dos resíduos sólidos (matéria orgânica putrescível, papel, plástico, metais, vidros, etc.) e o peso total dos resíduos, expressa em percentuais. Essa caracterização deve ocorrer em épocas diferentes ao longo de um ano, buscando abranger variações sazonais. Outros parâmetros de importância determinados no método de caracterização são: peso específico e geração por pessoa (per capita) de resíduos.

Para se proceder à análise de composição gravimétrica, é necessário, primeiramente, realizar o quarteramento de resíduos sólidos. O método mais utilizado de quarteramento está apresentado a seguir e sistematizado na NBR 10007 (ABNT, 2004), que fixa os requisitos exigidos para a amostragem de resíduos sólidos.

Para o quarteramento de resíduos, devem-se colher amostras representativas, escolhendo a procedência do veículo ou veículos coletores, ou seja, as amostras devem proceder de

diversas áreas da cidade que tenham características distintas. Os resíduos coletados são descarregados no solo e procede-se, então, ao rompimento do maior número de sacos com resíduos, sendo coletadas quantidades em cinco pontos, uma no topo e quatro nas laterais do monte de resíduos, de modo a preencher quatro tonéis de 200 litros. Se o local de realização do método não for cimentado, deve-se estender uma lona plástica para que o solo não se misture com a amostra interferindo no resultado. Inicia-se a mistura e o quarteamento da amostra, ou seja, a divisão em quatro partes do total de 800 litros de resíduos dispostos. Repete-se o quarteamento, obtendo-se uma amostra final de 200 litros ou de 100 kg.

Você sabia?

A geração per capita de resíduos do Brasil está em torno de 0,5 a 1 kg/habitantes/dia, e o peso específico dos resíduos soltos varia, em média, de 200 a 250 kg/m³.

Profissional, já relembramos o conceito de caracterização. Agora, vamos lembrar e fixar o conceito de classificação de resíduos sólidos. A classificação é um método cujo objetivo é possibilitar o correto gerenciamento de resíduos, agrupando-os conforme apresentem características similares. Há várias maneiras de se classificarem os resíduos sólidos, por exemplo:

- conforme a composição química: orgânico (cascas de frutas) e inorgânico (vidro);
- conforme os riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não-inertes, inertes;
- conforme a origem: doméstico ou residencial, comercial, público (provenientes da limpeza de logradouros públicos, tais como vias, praças e praias), especiais (provenientes de unidades de serviços de saúde, indústrias, portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários, construção civil), agrícolas (gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, tais como os resíduos agrícolas, florestais e pecuários).

No Brasil, a NBR 10004 (ABNT, 2004) apresenta a classificação dos resíduos sólidos conforme os riscos potenciais ao meio ambiente:

Classe I – Perigosos: São classificados como resíduos classe I ou perigosos os resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.



Classe II – Não-Perigosos

Resíduos Classe II – A – Não Inertes: São classificados como Classe II ou resíduos não inertes os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II – B. Esses resíduos podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São, basicamente, os resíduos com as características do lixo doméstico.



Resíduos Classe II – B – Inertes: São classificados como Classe II – B os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007 (ABNT, 2004), e submetidos ao teste de solubilização, conforme a NBR 10006 (ABNT, 2004), não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. São os resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo, tais como resíduos de construção e demolição, solos e rochas provenientes de escavações, vidros e certos plásticos e borrachas que não são facilmente decompostos.



Agora que já relembramos os conceitos de caracterização e classificação, vamos voltar à primeira atividade desta seção e refazê-la. Para a classificação dos resíduos, adote a classificação sugerida pela NBR 10004 (ABNT, 2004).

Formas de tratamento de resíduos sólidos

Na seção anterior, foi discutida a importância da caracterização e da classificação dos resíduos sólidos para o gerenciamento dos mesmos como um todo e, particularmente, para as etapas de tratamento e disposição final. Antes de prosseguirmos, reflita sobre as seguintes questões:

Como a escolha da melhor forma de tratamento para os resíduos sólidos contribui para a etapa de disposição final? Quais critérios você utiliza para a escolha da melhor forma de tratamento?



Prosseguindo com nossos estudos, o tratamento para os resíduos sólidos pode ser definido como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte do resíduo em ambiente ou em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável. As principais formas de tratamento empregadas nos resíduos são: reciclagem, incineração, compostagem e aterro sanitário. Assim, conhecer as características dos resíduos torna-se fundamental, pois, considerando-se suas peculiaridades, pode-se determinar, com mais precisão, qual o melhor tratamento, do ponto de vista técnico, a ser empregado.

Antes de lembrarmos essas formas de tratamento, vamos exercitar nossos conhecimentos e a experiência em nossos locais de trabalho, escolhendo o(s) tratamento(s) para os resíduos que classificamos na seção anterior.



Atividade

Assim, coletivamente, responda: Qual (is) tratamento(s) os serviços nos quais você atua dispensam para os resíduos listados a seguir? Suas respostas serão reavaliadas ao final desta seção.

Restos de alimentos



Cacos de tijolo



Solvente



Garrafa pet



Bisturi Contaminado



Poda de árvore



Graxa e óleos de baterias



Gesso



Papelão



Remédios vencidos



Anteriormente, citamos algumas das formas de tratamento para resíduos sólidos. Vamos relembrar o que significa cada uma delas:

Reciclagem é um conjunto de técnicas que têm por finalidade aproveitar os resíduos e reutilizá-los no ciclo de produção. É o resultado de uma série de atividades, pela quais materiais que se tornariam resíduos, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos, idênticos ou não ao produto original.

Compostagem é um processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que a compostagem ocorra, não é necessária a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do resíduo.

Para saber mais sobre compostagem, faça a oficina de “Processamento de Resíduos Sólidos Orgânicos”.

Incineração é um processo de queima de resíduos, na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais à base de carbono são decompostos, desprendendo calor e gerando um resíduo de cinzas.

Aterro Sanitário, além de ser uma forma correta de disposição final, pode também ser entendido como um tratamento, pois o conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem tem como resultado uma massa de resíduos mais estáveis, química e biologicamente.

A seguir, é mostrado um quadro no qual, resumidamente, encontram-se as vantagens e desvantagens da cada uma das formas de tratamento. Porém, para descobrirmos quais são as vantagens e desvantagens, temos de reorganizar esse quadro. Por fim, deve-se ter em mente que não devemos encaminhar diretamente um resíduo para a destinação final, sem antes ter aplicado alguma forma de tratamento viável sob os aspectos técnicos, econômicos, ambientais, entre outros.

Atividade

As colunas “Resíduos, Vantagens e Desvantagens”, do quadro a seguir, foram embaralhadas e, por isso, não há mais correspondência entre **Tratamentos – Resíduos – Vantagens – Desvantagens**. Sua tarefa consiste em reorganizar a tabela, de maneira que se estabeleça a



correspondência correta. Na coluna dos “Tratamentos” há uma numeração de 1 a 4. Essa numeração deverá aparecer nas outras colunas também de maneira que haja correspondência entre **Tratamentos – Resíduos – Vantagens – Desvantagens**. Assim, cada número aparecerá quatro vezes no quadro.

Tratamentos	Resíduos	Vantagens	Desvantagens
Reciclagem 1	Qualquer tipo de resíduo, com exceção dos radioativos.	Diminuição considerável do volume e do peso dos resíduos; Aumento da vida útil de aterros;	Riscos de poluição atmosférica; Alto custo de operação e instalação.
Compostagem 2	Resíduos perigosos, como ácidos, óleos, materiais químicos, etc.; Resíduos dos serviços de saúde.	Pode ser empregado à maioria dos resíduos sólidos; Comporta, por um período determinado, grandes volumes de resíduos.	Redução de resíduos enviados aos aterros; Utilização do composto na agricultura, em jardins, etc.; Pode ser feita na própria residência.
Incineração 3	Plásticos; Vidros; Metais; Papel; Papelão; Resíduos da construção civil.	Demanda grandes áreas para sua instalação; Os subprodutos gerados, biogás e lixiviados, são altamente poluidores, merecendo tratamento, muitas vezes, caro.	Pode não haver mercado consumidor para o composto; Pode haver emissão de maus odores; Quando não monitorado, o composto pode promover riscos à saúde do homem, animais e plantas.
Aterro Sanitário 4	Orgânicos, como resto de comida, verduras e frutas; Lodo de estações de tratamento de esgoto.	Redução da extração de recursos naturais, energia e água; Pode ser rentável; Diminui o volume de resíduos; Pode gerar empregos e renda, entre outros.	Alguns processos de reciclagem são caros; Depende de mercado que aceite materiais recicláveis.

Essa atividade se encontra disponível no software “Bacia Hidrográfica Virtual”.



Agora que relembramos e fixamos algumas das formas de tratamento dos resíduos, vamos voltar à primeira atividade desta seção e refazê-la, porém leve em consideração aspectos ambientais, econômicos, sustentáveis para a escolha do tratamento.

Disposição final de resíduos sólidos

Por fim, quando tudo que podia ser feito para se tratar um determinado resíduo se esgota, o mesmo deve ser encaminhado a uma destinação final adequada. No Brasil, é possível identificarmos três formas de destinação final:

Lixão ou **Vazadouro**: forma de disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Portanto, é uma forma de disposição inadequada, além de ilegal segundo a legislação brasileira;



Aterro Controlado: técnica de se confinar adequadamente os resíduos sólidos urbanos sem poluir o ambiente externo; porém, sem promover a coleta e o tratamento dos efluentes líquidos e gasosos produzidos;

Aterro Sanitário: método de disposição final de resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. Em um aterro sanitário devem ser implantadas medidas para coleta e tratamento de efluentes líquidos e gasosos produzidos, bem como planos de monitoramento ambiental e geotécnico.



Mas qual é o cenário da disposição final de resíduos no Brasil? Na tabela a seguir, mostra-se a realidade das diferentes regiões brasileiras quanto à geração de resíduos e sua destinação final.

Região	Quantidade de resíduos (em 1000 toneladas/dia)*	Aterro Controlado (%)	Lixão a céu aberto (%)	Aterro Sanitário (%)
Sudeste	141,6	46,5	9,7	37,1
Nordeste	41,6	14,7	48,1	36,1
Sul	19,9	24,1	25,6	40,2
Centro-Oeste	14,3	32,9	21,7	39,2
Norte	11,1	27,9	56,8	13,5
Brasil	228,5	37	21,1	36,2

*1000 toneladas = 106 kg
Fonte: IBGE (2008)



Para confirmarmos os dados do IBGE, vamos assistir a um trecho do documentário **Minas sem lixão**, que trata da disposição final de resíduos sólidos.



Atividade

Diante da realidade exposta nas tabelas anteriores, descreva sucintamente como é a destinação final praticada em seu município. Como você, Profissional, espera mudar e/ou melhorar essa destinação final? Quais as dificuldades encontradas para termos mais aterros sanitários no Brasil? Responda a essas questões individualmente e, em seguida, discuta suas respostas com os demais colegas. Fique atento às sugestões encontradas para solucionar a questão da implantação de aterros sanitários em outros municípios. Anote as idéias surgidas durante a discussão e avalie a possibilidade de utilização dessas idéias em seu município.

.....

.....

.....

.....

.....

Se a disposição final for considerada dentro de um adequado plano de gerenciamento integrado de resíduos, haverá um grande impacto positivo, uma vez que ela proporciona uma correta destinação aos resíduos da população. Porém, a disposição final de resíduos, principalmente quando realizada de forma inadequada, pode causar inúmeros impactos ambientais negativos, e isso inclui os aterros sanitários.

Assim, os aterros sanitários também podem causar impactos potenciais negativos para todo saneamento básico, meio ambiente, sociedade, saúde coletiva e uso e ocupação do solo. Contudo, a minimização ou eliminação desses impactos está diretamente relacionada ao desenvolvimento de projetos de aterros tecnicamente fundamentados e à adoção de medidas mitigadoras (atenuadoras), como a impermeabilização de base, de modo a atender às exigências legais.

No parágrafo anterior, foram citados alguns termos, como saneamento básico e uso e ocupação do solo. Vamos esclarecer esses termos, pois as atividades seguintes dependem da compreensão deles.

Saneamento básico é o conjunto formado pelos sistemas de abastecimento de água, sistema de esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos, drenagem de água de chuvas – drenagem pluvial, descritos a seguir:

- Sistema de abastecimento de água: sistema que tem por objetivo captar, transportar, tratar e distribuir a água que será utilizada em casas, no comércio, na indústria e para os mais diversos fins: cozinhar, tomar banho, beber, entre outros;
- Sistema de esgotamento sanitário: sistema que tem por objetivo afastar, coletar, transportar, tratar e dispor sanitariamente o esgoto gerado em casas, no comércio e nas indústrias;
- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações técnico-operacionais que objetivam reduzir na fonte, acondicionar, coletar e transportar, tratar e dispor corretamente os resíduos gerados;
- Sistema de drenagem pluvial: sistema cujo objetivo é captar e transportar as águas de chuva a um destino correto, minimizando problemas como inundações. Por exemplo, a microdrenagem se constitui de meio-fio, sarjeta, bocas-de-lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visita.

Acesse o software “Bacia Hidrográfica Virtual” e assista a uma animação sobre saneamento básico e suas dimensões.



Já o termo “uso e ocupação do solo” descreve as mais diversas formas de utilização e ocupação do meio físico, compreendendo tanto as situações naturais (lagos, cursos d’água, florestas, campos, etc.) como também as decorrentes das inúmeras intervenções humanas

(urbanização, agricultura, mineração, etc.). Porém, quando alguns tipos de uso e ocupação do solo, principalmente os realizados de maneira inadequada, alteram as condições naturais do meio ambiente, eles trazem impactos negativos.

Para exemplificar alguns problemas que os aterros podem trazer ao saneamento, ao uso e à ocupação do solo, à saúde coletiva, entre outros, vamos ler alguns textos que retratam essa situação e realizar algumas atividades com base neles.

Aterros sanitários, um alerta

Procura-se um terreno de 2 milhões de metros quadrados na região metropolitana de São Paulo. Esse imóvel deve se situar em uma área de proteção ambiental, de preferência no pé de um morro. Também é requisito fundamental que os moradores dos arredores desconheçam a lei para que não incomodem os representantes do Poder Público e da iniciativa privada, dispostos a investir milhões de reais no local. À primeira vista, a descrição poderia indicar a utilização desse pedaço de terra para a implantação de algum empreendimento imobiliário de grande porte.

Só para se ter uma idéia, um lote com essa dimensão serviria para a construção de 88 mil unidades habitacionais da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo), com 40% do terreno destinado às moradias e o restante à implantação de ruas, espaços de lazer e áreas verdes, como manda o figurino. No total, seriam atendidas 439 mil pessoas, divididas em 8.790 blocos com 10 apartamentos, o que reduziria o déficit habitacional no Estado em cerca de 10%.

Mas o que se quer com uma área dessas é dar abrigo a um novo aterro sanitário, que possa receber milhões de toneladas de resíduos da região Metropolitana de São Paulo. Na verdade, trata-se de uma história que se desenrola há algum tempo e que promete ganhar novos capítulos nos próximos meses, com conseqüências trágicas para o meio ambiente.

O roteiro já é conhecido de muita gente. Tudo começou dois anos atrás, quando uma construtora adquiriu um terreno em Mogi das Cruzes, a 70 quilômetros da capital paulista, disposta a investir na construção de um equipado e moderno aterro sanitário. Escolheram um terreno ao lado de indústrias, condomínios de alto padrão, propriedades agrícolas e assentamentos do Incra. Ganharam como inimigos os 350 mil moradores de Mogi, que, desde o início, se posicionaram contra o fato de a cidade se transformar em um depósito de lixo. Resultado: a Justiça entrou no caso e impediu que a implantação do aterro sanitário seguisse adiante.

Artigo de Sebastião Almeida (17/10/2007)

Fonte: Adaptado de http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=21838 (Acesso em: janeiro de 2008).

Podemos concluir, então, com base no texto, que aterros sanitários podem se tornar um problema de proporções gigantescas quando se trata de escolher uma área para sua implantação, pois eles interferem significativamente no uso e ocupação do solo e, na sociedade como um todo.

Atividade



Diante dessa realidade, discuta e aponte soluções viáveis para a disposição final de resíduos, principalmente em grandes centros urbanos. Tenha em mente a minimização dos impactos sociais, ambientais e de uso e ocupação do solo.

Imagine que a possível área citada no texto, no município de Mogi das Cruzes, fosse a única opção restante para a destinação final de resíduos sólidos gerados no município de São Paulo. Discuta e aponte argumentos para convencer a população de Mogi da Cruzes a aceitar o aterro sanitário na região.

Quais alternativas legais poderiam ser usadas para implantação de um aterro sanitário de um município em outro?

Você sabia?

A Lei nº 11.107, em vigência desde 6 de abril de 2005, regula a cooperação interfederativa para a gestão de serviços públicos por meio dos **consórcios públicos** e convênios de cooperação.

Para regular as obrigações da gestão associada firmada entre dois entes da Federação ou entre um deles e um consórcio público, estabeleceu-se então o **contrato de programa**. São também exigências para se firmar esse tipo de contrato:

- a)** o atendimento à legislação de concessões e permissões de serviços públicos e à que regula os serviços a serem prestados, especialmente no que se refere ao cálculo de tarifas e outros preços públicos;
- b)** a previsão de procedimentos que garantam a transparência da gestão econômica e financeira de cada serviço em relação a cada um de seus titulares;
- c)** a inexistência de cláusula que atribua ao contratado o exercício dos poderes de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços prestados por ele próprio.

A partir de agora, os contratos de programa serão necessariamente vinculados à Lei de Concessões, o que não ocorre com os atuais contratos entre municípios e companhias estaduais. Visando conferir ainda maior estabilidade temporal a esse instrumento de delegação, a lei estabeleceu que o contrato de programa continuasse vigente mesmo quando for extinto o consórcio público ou o convênio de cooperação que o autorizou. Portanto, o contrato de programa é tão ou mais forte institucionalmente que um contrato de concessão equivalente.

Lei de Consórcio, em www.pmss.gov.br [Acesso em: abril de 2007].

Os textos seguintes são fragmentos de vários artigos que apontam os impactos negativos causados por aterros sanitários, quando estes são mal projetados, operados e monitorados. Esses problemas já foram rapidamente citados na introdução e agora serão vistos em um contexto real.

Análise da Cetesb aponta vazamento de chorume do aterro sanitário Delta A

Relatório da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) apontou contaminação das águas subterrâneas do aterro sanitário Delta A, em Campinas. O órgão estadual também alertou sobre a inadequação na operação e desempenho da estação de tratamento de chorume, que estaria em desacordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Segundo o documento da Cetesb, os parâmetros ferro, manganês, sulfato, fluoreto e coliformes fecais estão acima dos padrões de qualidade, além da cor e do odor, em toda a área, nas águas subterrâneas. Nos poços considerados de montante (localizados antes do aterro), os valores também ultrapassam os padrões de qualidade para manganês, cor e odor, diz a Cetesb.

Adaptado de "Contaminação atinge águas subterrâneas" (Correio Popular - Cidades - 06/10/2005)

Fonte: http://www.unicamp.br/unicamp/canal_aberto/clipping/outubro2005/clipping051006_correiopop.html (Acesso em: janeiro de 2008).

Aterro Sanitário Município de Mateiros

A identificação e avaliação dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos no lixão, e das atividades desenvolvidas na implementação do aterro sanitário do município de Mateiros, respaldam-se em técnicas metodológicas através de estudos preliminares dos fatores e das variáveis das atividades ambientais a serem implementadas e as relações de causa e efeito entre essas duas extremidades.

Poluição do ar

Durante as atividades de implementação e operação do aterro sanitário, haverá emissão de poeira resultante, principalmente, da circulação de caminhões e maquinários. Outros focos serão

a movimentação de terra durante a abertura de valas. Os solos desnudos constituem fontes secundárias de poeiras fugitivas, provocadas pela erosão provocada pelos ventos (eólica)

Essas atividades emitirão, em proporções pequenas, gases na atmosfera, oriundos da queima de combustíveis utilizados pelas máquinas. Os gases provenientes dessa queima são: monóxido de carbono, hidrocarboneto, óxidos de nitrogênio e enxofre. Nestas fases, as principais fontes de poluição sonora estarão relacionadas à movimentação de máquinas e veículos pesados e funcionamento de equipamentos, em geral todas suportáveis.

Solo

Esse parâmetro sofrerá impactos nas fases de implantação e operação do aterro sanitário. Na fase de implantação, a retirada da cobertura vegetal imprimirá os impactos de maior relevância, uma vez que, desnudo, o solo estará sujeito a processos erosivos.

Fauna

Esse parâmetro ambiental sofrerá interferências em todo o processo do empreendimento, principalmente na fase do desmatamento, pois provavelmente ocorrerá a destruição de nichos e habitats de espécies faunística local.

Fonte: Adaptado de http://www.seplan.to.gov.br/site/dma/areas_protegidas/Site/Jalapao/PCA_Mateiros/pca_mateiros_final/Capitulo6_impactos.pdf (Acesso em: janeiro de 2008).

A questão ambiental urbana no programa de saúde da família: avaliação da estratégia ambiental numa política pública de saúde

Poucas situações caracterizam melhor uma área metropolitana brasileira que o crescimento desordenado, ignorando áreas potencialmente perigosas para o assentamento humano, expondo milhares de pessoas a riscos de morte, seja por doenças, seja em razão de acidentes. A exposição de populações a determinados riscos químicos ou a acidentes químicos ambientais ampliados, vem ocupando crescentemente o setor saúde que, mais uma vez, obriga-se a interagir com setores historicamente distantes, como os de energia e transporte. Entre as áreas estudadas, três delas apresentaram situações que oferecem riscos químicos a seus moradores.

Uma dessas áreas, menos explícita, mas igualmente preocupante, é de um conjunto habitacional construído há vinte anos sobre um aterro sanitário desativado. Apesar de a produção de gás inflamável aparentemente estar encerrada, persistem incertezas sobre a presença de outros gases, cujo perigo não é a explosividade, mas a carcinogenicidade (**passível de gerar câncer**). Os ACS (Agentes Comunitários da Saúde) desta ESF (Equipe de Saúde da Família) descrevem situações de doenças relacionadas às características da área – notadamente doenças de pele em crianças e em cães – como fatos do passado. Atualmente, segundo eles, não há nada de anormal.

Fonte: Adaptado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2006000100009&lng=en&trgptg=&nrm=iso&sting=en&trgptg= (Acesso em: janeiro de 2008).

Pesquisa aponta riscos do descarte de pilhas em qualquer tipo de aterros sanitários

Há anos, Massai (autor da pesquisa) acompanha o encaminhamento dado a esse tipo de material e pesquisa a legislação sobre o tema – e seus “furos”. Segundo as resoluções 257 e 263 (1999) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), somente as pilhas que contenham quantidades superiores a 0,1g de cádmio, 0,05g de mercúrio e 2g de chumbo por quilo de bateria é que devem ser recicladas. “Isso significa dizer que pilhas de brinquedos, walkmans, máquinas fotográficas, controle remoto, rádio portátil, lanternas, calculadoras e aparelhos celulares podem ir para o lixo comum. Um absurdo”, diz Massai.

“O consumo, no Brasil, é de cinco pilhas por habitante/ano. Suponhamos uma cidade de um milhão de habitantes, depositando suas pilhas e baterias em seu aterro sanitário. Serão 5 milhões de unidades de pilhas por ano, ou 4,25

quilos de mercúrio, 8,5 quilos de cádmio, 170 quilos de chumbo por ano, alerta”.

O professor considera, ainda, o tempo de duração de um aterro. “Supondo que esse aterro dure 30 anos, os valores serão de 127,5 quilos de mercúrio, 255 quilos de cádmio, 5.100 quilos de chumbo por ano. Isso sem contar as pilhas piratas”.

Outros metais, além dos já citados, são encontrados nas pilhas, como o manganês, que é o causador de transtornos mentais, disfunção cerebral, Parkinsonismo secundário; o lítio, que é um fator irritante para o sistema nervoso central, potencializador de psicose maníaco-depressiva, vertigens, debilidade e tremores; o zinco, que pode causar vômito, diarreia, ansiedade, insônia; e o cobalto, que provoca dermatite, conjuntivite, etc.

Fonte: Adaptado de http://www.cpopular.com.br/cenarioxi/conteudo/mostra_noticia.asp?noticia=1346103&area=2259&auth=269FEAD212FEDB2154EDC91535DCEA (Acesso em: janeiro de 2008).

Você sabia?

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Acabamos de ver quantos problemas um aterro pode causar. Agora, vamos sistematizar esses problemas com a seguinte atividade proposta.



Atividade

Quais os impactos negativos que um aterro sanitário, quando mal projetado, operado e monitorado, traz para:

Você sabia?

Bacia Hidrográfica é uma área natural cujos limites são definidos pelos pontos mais altos do relevo (divisores de água ou espigões dos montes ou montanhas) e dentro da qual a água da chuva é drenada superficialmente por um curso de água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso de água.



a Bacia Hidrográfica?

as demais áreas do saneamento – abastecimento de água, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem pluvial?

a sociedade?

a saúde coletiva?

Chegamos ao final do primeiro conceito-chave, no qual foi apresentado um conceito de resíduos sólidos. Vimos que há diversas formas de classificá-los: pela origem da fonte geradora, por suas características, etc. Discutimos a diferença entre caracterização e classificação de resíduos. Avaliamos e trabalhamos as diferentes formas de tratamento de resíduos e, por fim, discutimos a disposição final dos mesmos, concluindo que aterros sanitários trazem de fato impactos negativos, mas que, sem dúvida, quando eles são bem planejados e operados, seus benefícios superam as desvantagens.

E como projetar, operar e monitorar adequadamente um aterro sanitário? Isso é o que veremos e discutiremos no próximo conceito-chave. Fique atento aos conceitos explorados até o momento, pois nós precisaremos deles para o desenvolvimento desta oficina.

OBJETIVOS:

- Apresentar, trabalhar e discutir as etapas que constituem o projeto, a operação e o monitoramento de um aterro sanitário.

Aterro Sanitário

No conceito-chave anterior, relembramos e discutimos alguns aspectos que interferem em todas as etapas que constituem um aterro sanitário. Por exemplo, conhecer as características e saber classificar um resíduo nos dirá se ele pode ou não ser depositado em determinado aterro sanitário. Tratar adequadamente os resíduos faz com que a vida útil deles aumente. Por fim, conhecer os impactos negativos que os aterros podem trazer possibilita projetá-los, operá-los e monitorá-los de forma mais eficiente, visando à minimização dos impactos.

OBJETIVOS:

- Trabalhar estimativas de geração de resíduos sólidos;
- Discutir e trabalhar a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários.

Seleção de área

A primeira etapa de um projeto de aterro sanitário é a escolha de uma área onde ele será implantado e operado. Assim, podemos dizer que o bom desempenho de um aterro sanitário, sob os aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de saúde pública, está diretamente ligado a uma adequada escolha de área de implantação.

A seleção de áreas para implantação de aterros sanitários é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos municípios, principalmente porque uma área, para ser considerada adequada, deve reunir um grande conjunto de condições técnicas, econômicas e ambientais, que demandam o conhecimento de um grande volume de dados e informações, normalmente indisponíveis para as administrações municipais.

Segundo a NBR 13896 (ABNT, 1997), a avaliação da adequabilidade de um local a ser utilizado para implantação de um aterro sanitário deve ser tal que os impactos ambientais gerados na sua implantação e operação sejam mínimos. A instalação do aterro deve ser bem aceita pela população vizinha; além disso, é necessário que ele esteja de acordo com o zoneamento local e que possa ser utilizado por longo período de tempo.

Basicamente, o que se deseja é identificar, dentre as áreas pré-selecionadas, aquela que melhor possibilite:

- a) Menor potencial para geração de impactos ambientais:**
 - localização fora de áreas de restrição ambiental;
 - aquíferos menos permeáveis;
 - solos mais espessos e menos sujeitos aos processos de erosão e escorregamentos;
 - declividade apropriada;
 - distância de habitações, cursos d'água, rede de alta tensão.
- b) Maior vida útil para o empreendimento:**
 - máxima capacidade de recebimento de resíduos.
- c) Baixos custos de instalação e operação do aterro:**
 - menores gastos com infra-estrutura;
 - menor distância da zona urbana geradora dos resíduos;
 - disponibilidade de material de cobertura.
- d) Aceitabilidade social:**
 - menor oposição da comunidade vizinha.

Para se ter uma estimativa do tamanho da área, e mesmo para auxiliar as etapas seguintes, é necessário estimar a geração de resíduos e o volume do aterro. A estimativa atual de geração de resíduos sólidos municipais pode ser feita pela seguinte equação:

$$G_o = P_o \cdot Gp_o \cdot C_o$$

Por sua vez, a geração futura de resíduos sólidos é dada por:

$$G_t = \{P_o \cdot (1 + y_p)^t\} \cdot \{Gp_o \cdot (1 + y_{per})^t\} \cdot \{C_t\}$$

G_t = geração futura de resíduos, após t anos (kg/d);	atendimento dos serviços de coleta (%);
G_o = geração atual de resíduos (kg/d);	C_t = nível de cobertura da coleta no tempo t considerado (%);
P_o = população atual do total do município (hab);	y_p = taxa de crescimento populacional (% a.a.);
Gp_o = geração per capita atual (kg/hab.d) – obtida por amostragem ou literatura;	y_{per} = taxa de incremento anual da geração per capita (% a.a.);
C_o = cobertura atual da coleta ou nível de	t = tempo considerado (anos).

Para estimar o volume total, ano a ano, do que será disposto no aterro, assim como o volume útil total do aterro sanitário para receber os resíduos durante a vida útil desejada para o mesmo, pode-se utilizar a tabela a seguir – neste caso, apresentado para uma vida útil de 10 anos – coluna (A) – podendo ser utilizada para qualquer duração de vida útil desejada.

Nas colunas (F), (G) e (H) da tabela, calculam-se os volumes dos resíduos quando estes se encontram compactados no aterro, respectivamente, volume diário anual, anual e acumulado por ano. O volume diário anual, em m³/d, é calculado a partir da massa diária que chega ao aterro, em kg/d ou t/d, e da densidade dos resíduos compactados no aterro, que é dada em t/m³.

No encontro da coluna (H) com a linha (I) da tabela, tem-se o volume de resíduos compactados e aportados ao aterro ao longo de toda a sua vida útil, na parte mais baixa e, à direita (coluna (F) e linha (J)), tem-se o volume útil total já considerando o espaço ou volume que será ocupado pelo solo de cobertura intermediária e final. É este o volume que deve ser considerado quando se iniciam os trabalhos de busca de área para a implantação de um novo aterro sanitário.

Ano	População	Geração per capita (kg/d/hab)	Cobertura da coleta (%)	Massa (kg/d)	Volume de resíduos compactados no aterro		
					(m ³ /d)	(m ³ /ano)	Acumulado (m ³)
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
(I) Volume total do aterro (resíduos compactados)							
(J) Volume total do aterro = (I) + 10 a 20% de material de cobertura							

Fonte: adaptado de RECHERT, 2007.

Encontraremos, nesta oficina, outras atividades que envolvem cálculos e conversão de unidades. Para facilitar o seu trabalho, ao final deste guia, encontram-se todas as unidades de diversos parâmetros e conversões, como de litro (L) para metro cúbico (m³). Consulte-as sempre que tiver dúvidas.

Atividade

Utilizando as equações e o modelo da tabela anterior, defina o volume útil total, necessário para a implantação de um novo aterro sanitário, com as seguintes características:



- População atual do município: 85.000 hab.
- Geração per capita: 0,80 kg/hab.d (dia útil – 6 dias úteis por semana).
- Cobertura de coleta atual: 80 %
- A cobertura de coleta passará a ser de 100 % a partir do sexto ano de operação do aterro.
- Vida útil mínima do aterro: 10 anos
- Peso específico dos resíduos compactados no aterro: 0,8 t/m³.
- Volume de terra para cobertura: 15 % do volume de resíduos.
- Taxa de crescimento populacional: 0,85 % ao ano.
- Taxa de aumento da geração per capita: 1% ao ano.
- Dias úteis por ano: 313 dias (excluídos os domingos).

Essa atividade se encontra disponível no software “Bacia Hidrográfica Virtual”.



Tendo por base a política dos 3Rs (redução, reutilização e reciclagem), quais ações poderiam ser adotadas para se aumentar a vida útil dos aterros? Discuta essas ações.

A atividade de estimativa de volume de resíduos gerados, realizada anteriormente, é um dos indicativos para seleção de áreas para aterros sanitários, pois nos fornece uma idéia do tamanho da área requerida. Porém, outros aspectos, além do tamanho da área, devem ser analisados de maneira que satisfaçam as exigências ambientais, técnicas, econômicas, sociais e de saúde pública para sua implantação. Veremos, a seguir, quais são esses outros aspectos. Antes, porém, vamos realizar a atividade proposta.



Atividade

A seguir encontram-se algumas áreas de um mesmo município hipotético, sem lixão, a serem utilizadas para a implantação de um aterro sanitário. Iniciaremos com cinco áreas; a primeira tarefa consiste em analisar quais das cinco áreas podem realmente ser selecionadas, segundo os critérios que você e seus colegas acharem importantes. Justifique sua resposta para cada área. Guarde as respostas, pois a mesma atividade será usada ao longo desta seção.

Condutividade hidráulica: propriedade que mede a facilidade com que a água flui ou percola no solo.

Biótica: que diz respeito à fauna e à flora de um determinado local.

Antrópica: relativo à ação do homem.

Aeródromo: superfície de terra ou de águas, utilizada para chegada e partida de aeronaves.

Área 1

Condições físicas:

- perfil do solo arenoso com 4 m de espessura;
- **condutividade hidráulica** do solo: $10^{-3} - 10^{-4}$ cm/s;
- Clinografia (declividade): 12%;
- lençol freático a 3 m de profundidade;
- presença de curso d'água na vizinhança, distância de 150 m;
- baixo potencial hídrico;
- 30 ha de área disponível.

Condições bióticas:

- vegetação rasteira (campo sujo) em toda a área;
- pequena presença de fauna.

Condições antrópicas:

- uso para agricultura em toda a área, com a presença de benfeitorias de um dos proprietários;
- distância de 1.500 m do núcleo populacional mais próximo;
- área pertencente a três proprietários;
- distância de via federal: 657 m;
- encontra-se próximo a essa área um **aeródromo**.

Área 2

Condições físicas:

- perfil do solo argiloso com 1,7 m de espessura, classificação CH, LL = 25%, LP = 20%;
- condutividade hidráulica do solo: 10^{-5} – 10^{-6} cm/s;
- Clinografia (declividade): 21%;
- lençol freático a 5 m de profundidade;
- presença de curso d'água na vizinhança, distância de 250 m;
- alto potencial hídrico;
- 25 ha de área disponível.

*Condições **bióticas**:*

- vegetação: 1/3 de mata tropical e 2/3 de vegetação rasteira;
- presença de animais raros.

*Condições **antrópicas**:*

- distância de 1120 m do núcleo populacional mais próximo;
- área que pertence ao município;
- distância de via estadual: 500 m.

Área 3

Condições físicas:

- perfil do solo argilo-arenoso com 3,5 m de espessura;
- condutividade hidráulica do solo: $10^{-4} - 10^{-5}$ cm/s;
- Clinografia (declividade): 12%;
- lençol freático a 1,5 m de profundidade;
- presença de curso d'água na vizinhança, distância de 554 m;
- médio potencial hídrico;
- 45 ha de área disponível.

*Condições **bióticas**:*

- vegetação 70% de mata tropical;
- presença média de fauna.

*Condições **antrópicas**:*

- área para pastagem de animais;
 - distância de 600 m do núcleo populacional mais próximo;
 - pertence a um proprietário;
 - distância de via federal: 300 m.
-
-
-
-

Área 4

Condições físicas:

- perfil do solo areno-argiloso com 3,8 m de espessura, classificação SC, LL = 32%, LP = 17%;
- condutividade hidráulica do solo: 10^{-4} cm/s;
- Clinografia (declividade): 8%;
- lençol freático a 2 m de profundidade;
- presença de curso d'água na vizinhança, distância de 800 m;
- médio potencial hídrico;
- 20 ha de área disponível.

*Condições **bióticas**:*

- vegetação rasteira;
- pequena presença de fauna.

Condições **antrópicas**:

- distância de 300 m do núcleo populacional mais próximo;
 - área pertencente ao município;
 - distância de via estadual: 750 m.
-
-
-
-

Área 5

Condições **físicas**:

- perfil do solo argiloso com 2 m de espessura, classificação CL, LL = 40%, LP = 25%;
- condutividade hidráulica do solo: 10^{-5} cm/s;
- Clinografia (declividade): 2%;
- lençol freático a 1,1 m de profundidade;
- presença de curso d'água na vizinhança, distância de 1000 m;
- baixo potencial hídrico;
- 23 ha de área disponível.

Condições **bióticas**:

- vegetação do tipo cerrado com espécies raras; .
- média presença de fauna.

Condições **antrópicas**:

- área de cultivo agrícola, com presença de benfeitorias dos proprietários;
 - distância de 1200 m do núcleo populacional mais próximo;
 - dois proprietários;
 - distância de via municipal: 950 m.
-
-
-



Então, Profissional, como foi a atividade? Existe(m) critério(s) mais importante(s)? Como você os determina e estabelece? Quando se tem mais de uma área possível, como saber em qual haverá menos impactos?

A seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários deve considerar um conjunto de fatores técnicos, legais, econômicos e sociais, muitas vezes conflitantes e interdependentes. A metodologia usualmente empregada consiste nos seguintes passos:

- seleção preliminar de áreas disponíveis;
- identificação de critérios a serem avaliados;
- definição de prioridades;
- avaliação do atendimento aos critérios;
- identificação da área mais adequada.

Você sabia?

Antes da seleção preliminar de áreas, devem ser analisados aspectos como localização em unidades de proteção ambiental e de conservação, proximidade de aeródromos e áreas com riscos ambientais identificados, tais como inundações, instabilidade de encostas e erosão. Áreas que não atendam aos critérios definidos legalmente sobre esses aspectos não podem ser utilizadas.

Os principais critérios a serem avaliados são:

- Com relação ao **meio físico**:
 - Aspectos geológicos e hidrogeológicos, tais como profundidade do lençol freático e espessura da camada de solo não saturada sob a base do aterro, além da proximidade a zonas de recarga e mananciais subterrâneos;
 - Aspectos geotécnicos, envolvendo as propriedades dos solos da área (condutividade hidráulica ou permeabilidade, compressibilidade e resistência) e existência de jazidas de materiais terrosos;
 - Aspectos topográficos e de relevo, que podem dificultar o acesso e a operação, além de limitar a vida útil do empreendimento;
 - Aspectos hidrológicos, tais como posição em relação ao sistema de drenagem superficial natural, proximidade de nascentes e corpos de água, e extensão da bacia de contribuição a montante da área de implantação.

- Com relação ao **meio biótico**:
 - Deverão ser avaliadas a existência e a tipologia da fauna e flora presentes na região.
- Com relação ao **meio antrópico**:
 - Distância do centro gerador e de aglomerações urbanas;
 - Proximidade de núcleos habitacionais de baixa renda;
 - Existência de infra-estrutura (água, energia, sistema viário);
 - Visibilidade da área.
- Com relação aos **aspectos legais**, deverão ser avaliados: Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código de Posturas, Código de Obras, Plano Diretor e situação fundiária da área, incluindo a análise dos custos de eventuais desapropriações.

Após a identificação dos critérios, devem ser definidas as prioridades e os pesos de cada critério e a nota a ser atribuída a cada área, em relação ao atendimento ao critério. A pontuação é obtida pela multiplicação do peso pela nota.

A seguir, encontra-se uma tabela de critérios, observações, notas e pesos. **Essa tabela é uma simplificação; portanto, ela deve ser utilizada como referência.** Caso seja necessário avaliar outros critérios, os mesmos podem ser adicionados à tabela.

Critérios	Definição/Justificativa/Observações	Faixa de avaliação	Nota	Peso
Distância de recursos hídricos (A)	No que se refere à proximidade de recursos hídricos, foi tomada a medida mínima de 200 metros de distância. Essa metragem baseia-se no critério de distanciamento, que atende à Portaria nº 124, de 20/08/1980, do Ministério do Interior.	< 200 metros	0	3
		200 – 499 metros	3	
		500 – 1000 metros	4	
		> 1000 metros	5	
Geologia – potencial hídrico (B)	As unidades geológicas foram agrupadas de acordo com seu potencial hídrico, considerando-se a crescente preocupação com a escassez de água. Quanto maior o potencial hídrico, menos recomendada é a área para receber resíduos sólidos. A existência de fraturas ou falhas no local é um fator de crucial importância. Sugere-se a pontuação zero para essas áreas, em decorrência do grande potencial de impacto nas águas locais.	Alto potencial hídrico	0	3
		Médio potencial hídrico	2	
		Baixo potencial hídrico	4	

Continua ►

CrITÉRIOS	Definição/Justificativa/Observações	Faixa de avaliação	Nota	Peso
Condutividade hidráulica do solo (C)	Condutividade hidráulica é um parâmetro que mede a maior ou menor facilidade com que a água percola através do meio poroso. Um local com alta condutividade hidráulica permite mais facilmente a passagem de líquidos, entre eles os lixiviados.	Infiltração alta: < 10-3 cm/s	1	3
		Infiltração média: 10-3 – 10-4 cm/s	2	
		Infiltração baixa: 10-4 – 10-5 cm/s	4	
		Infiltração muito baixa: > 10-5 cm/s	5	
Profundidade do lençol freático (D)	Quanto mais profundo o lençol freático, menores são as possibilidades de contaminação das águas subterrâneas. Uma forma de se obter essa medida é com a execução de sondagem na área. Outra forma seria obtê-la junto a Companhia de Abastecimento de Água.	< 1 metro	0	3
		1– 2 metros	1	
		2– 4 metros	4	
		> 4 metros	5	
Distância de vias (E)	A intensidade de certos impactos ambientais, como ruídos, odores e modificações da paisagem, depende diretamente da distância da fonte poluidora em relação ao receptor.	< 100 metros	0	1
		100 – 499 metros	3	
		500 – 1000 metros	4	
		> 1000 metros	5	
Fauna e Flora (F)	Neste item, as áreas serão avaliadas sob o enfoque do meio biológico, destacando-se a existência de espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção, e ainda as áreas de preservação ambiental.	Pontuação caso a caso		
Legislação municipal (G)	CrITÉrios referentes à legislação do município em estudo deverão ser analisados, já que há a possibilidade de que existam leis inclusive mais rigorosas que as de âmbito estadual e/ou federal. As especificidades de cada município implicarão posicionamentos diferenciados no que diz respeito às questões ambientais.	Pontuação caso a caso		
Distância de centros urbanos (H)	Quanto mais longe da zona urbana, mais caro é o serviço de transporte. Tem-se adotado uma distância máxima de 15 km. A população não se mostra interessada em possuir um aterro próximo às residências. Desses dois fatores, resultou a pontuação ao lado.	100 – 250 metros	1	1
		250 – 500 metros	2	
		500 – 1000 metros	3	
		1000– 2000 metros	4	
		> 2000 metros	5	

Continua ►

Critérios	Definição/Justificativa/Observações	Faixa de avaliação	Nota	Peso
Clinografia (declividade) (I)	A importância deste critério pode ser verificada em termos de preservação do solo, pois, além de ser um fator restritivo para disposição de resíduos sólidos, limita o transporte do material até o local.	Alta: > 30%	1	1
		Média: 20–30 %	2	
		Baixa: 10 – 19,9%	3	
		Muita Baixa: 3 – 9,9%	4	
		Plana: < 3%	5	
Espessura do solo (J)	Esse critério justifica-se pela relevância que esta variável tem na implantação e, principalmente, na operação em relação à disponibilidade na área de material de empréstimo para confecção de camadas de cobertura e base de aterros.	< 0,5 metros	0	1
		0,5 – 0,9 metros	1	
		1 – 2 metros	3	
		> 2 metros	5	

Fonte: Adaptado de Gomes & Martins (Prosab 3, 2003).

Atividade



Assim, Profissional, vimos que são vários os critérios a serem utilizados na escolha de uma área e que esses critérios dependem de um grande número de informações e profissionais envolvidos. Dessa maneira, você e seus colegas escolherão dois critérios com base nas informações das áreas ou em outro da própria tabela, como Fauna e Flora, e atribuirão notas e pesos aos mesmos.

Critérios	Definição/Justificativa/Observações	Faixa de avaliação	Nota	Peso
(L)				
(M)				

Em seguida, juntamente com os critérios apresentados na tabela mais os dois escolhidos por você e seus colegas, pontue as áreas para definir qual (is) dela(s) seria(m) a(s) mais recomendada(s) para implantação de um aterro sanitário. Analise sua resposta sob e todos os aspectos (meio físico, biótico e antrópico e legal) e não somente com a pontuação obtida. Depois de escolhida a área, enumere ações que visem minimizar os impactos negativos inerentes à escolha de área para implantação de um aterro.

Critérios	Peso	Notas					Pontuação				
		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
(A)											
(B)											
(C)											
(D)											
(E)											
(F)											
(G)											
(H)											
(I)											
(J)											
(L)											
(M)											

Essa atividade se encontra disponível no software “Bacia Hidrográfica Virtual”.



Depois de selecionar uma área, parte-se para um estudo mais aprofundado dela. Assim, outras informações, além das já conhecidas, somam-se às novas informações para melhor conhecimento das potencialidades e possíveis novos impactos negativos da referida área. Veja esse conjunto de informações:

- Dados geológico-geotécnicos
 - distribuição e características das unidades geológico-geotécnicas da região;
 - principais feições estruturais (falhas e fraturas);
 - características dos solos: tipos, espessuras, permeabilidade, capacidade de carga do terreno de fundação;
 - disponibilidade de materiais de empréstimo.
- Dados sobre o relevo
 - identificação de áreas de morros, planícies, encostas, etc.;
 - declividade dos terrenos.
- Dados sobre as águas subterrâneas e superficiais
 - profundidade do lençol freático;
 - padrão de fluxo subterrâneo;
 - qualidade das águas subterrâneas;
 - riscos de contaminação;
 - localização das zonas de recarga das águas subterrâneas;
 - principais mananciais de abastecimento público;
 - áreas de proteção de manancial.
- Dados sobre o clima
 - regime de chuvas e precipitação pluviométrica (série histórica);
 - direção e intensidade dos ventos;
 - dados de **evapotranspiração**.

Evapotranspiração:

perda de água de uma comunidade ou ecossistema para a atmosfera, causada pela evaporação a partir do solo e pela transpiração das plantas.

- Dados sobre a legislação
 - localização das áreas de proteção ambiental, parques, reservas, áreas tombadas, etc.;
 - zoneamento urbano da cidade (plano diretor).
- Dados socioeconômicos
 - valor da terra;
 - uso e ocupação dos terrenos;
 - distância da área em relação aos centros atendidos;
 - integração à malha viária;
 - aceitabilidade da população e de suas entidades organizadas.
- Dados arqueológicos
 - laudo de existência ou não de sítios de interesse arqueológico.

Vê-se, Profissional, que muitos dados e informações já foram levantados na pré-seleção de áreas, e as novas informações vêm no sentido de complementar os estudos para implantação de empreendimentos ambientais, como é o caso de um aterro sanitário. A realidade é que a grande maioria dos municípios brasileiros não dispõe dessas informações. Esse fato, associado à carência de recursos humanos tecnicamente qualificados e de recursos financeiros, acaba conduzindo as administrações municipais à não solução do problema da disposição final de resíduos ou à adoção de soluções inadequadas.

OBJETIVOS:

- Trabalhar e discutir os aspectos legais necessários ao projeto, à implantação e operação de aterros sanitários.

Licenciamento ambiental

Depois de escolhida uma área para implantação, a etapa seguinte é buscar os requisitos legais para se iniciar o projeto e posterior implantação e operação de empreendimentos ambientais, seja ele um aterro sanitário, um pátio de compostagem ou usina de reciclagem de papel. Assim, vamos realizar a seguinte atividade proposta.

Atividade



Para refletirmos sobre essa etapa, vamos promover uma discussão coletiva. Assim, Profissional, reflita e discuta, com seus colegas, a seguinte questão:

Quais os requisitos legais para projetar, implantar e operar um aterro sanitário?

Anote suas respostas para posterior avaliação.

Você e seus colegas podem ter respondido que se deve obter o licenciamento ambiental, não é mesmo? Mas o que vem a ser o licenciamento ambiental e quais as etapas do mesmo? Para sanar suas dúvidas, acompanhe atentamente a leitura do texto “Licenciamento Ambiental”.

Licenciamento Ambiental

Licenciamento Ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades de pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado que utilizem recursos ambientais e sejam consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras ou, ainda, daquelas que, sob qualquer forma ou intensidade, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições gerais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Fonte: www.ieam.es.gov.br (Acesso em: junho de 2007).

O licenciamento ambiental, invariavelmente, é fornecido por órgãos ambientais estaduais e/ou municipais. A seguir colocamos à disposição os endereços eletrônicos de órgãos ambientais de alguns estados brasileiros para serem consultados quanto às licenças ambientais, leis, regulamentos, instruções normativas, etc., que regulam os empreendimentos ambientais.

Espírito Santo: www.ieam.es.gov.br

Mato Grosso do Sul: www.supema.ms.gov.br

Minas Gerais: www.feam.br

Rio de Janeiro: www.feema.rj.gov.br

São Paulo: www.cetesb.sp.gov.br

Para os outros estados: www.ambiente.brasil.com.br.

As etapas do licenciamento ambiental podem variar de estado para estado, mas, em regra, podemos dizer que as seguintes etapas estarão sempre presentes:

Licença Prévia (LP): libera o empreendedor para realizar os estudos de impacto ambiental relativos à implantação do aterro e elaborar o projeto executivo. Após o pedido da LP, o órgão de controle ambiental procederá à elaboração de uma instrução técnica para orientar a realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo relatório (RIMA).

Durante esse processo de aprovação da LP, o empreendedor pode dar início ao desenvolvimento do projeto executivo, com a complementação das investigações de campo e elaboração dos projetos de interesse ambiental e complementares, sempre incorporando as medidas mitigadoras preconizadas no EIA.

Após a análise e aprovação do EIA, o órgão de controle ambiental pode exigir a realização de uma audiência pública, com a participação de todos os atores envolvidos (empreendedor, órgão de controle ambiental e população).

Licença de Instalação (LI): libera o empreendedor para executar as obras de implantação do aterro conforme detalhadas no projeto executivo, incluindo medidas de controle ambiental e demais condicionantes. Após a obtenção da LI inicia-se a implantação do aterro sanitário.

Licença de Operação (LO): Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após fiscalização prévia obrigatória para verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, tal como as medidas de controle ambiental e as condicionantes porventura determinadas para a operação. É concedida com prazos de validade de quatro ou de seis anos, estando, portanto, sujeita à revalidação periódica. A LO é passível de cancelamento, desde que configurada a situação prevista na norma legal.

Fonte: www.fearn.br [Acesso em junho de 2007].

Além das licenças apresentadas no Licenciamento Ambiental, faz-se necessário o **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**, que é um estudo técnico, realizado por equipe multidisciplinar habilitada, com vistas a levantar os pontos positivos e negativos do aterro sanitário a ser implantado com relação aos meios físico, biótico (flora e fauna) e antrópico (aspectos relacionados ao homem), e que estabelece uma série de medidas e ações que visam a minimizar os impactos negativos registrados. O EIA é aprovado pelo órgão de controle ambiental. Por fim, para tornar o EIA acessível a toda a sociedade, e para que a mesma possa também participar da tomada de decisão quanto à implantação de um aterro sanitário, deve ser feito o **Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**, no qual é apresentado um resumo dos principais pontos do EIA.

Atividade



Com base nos requisitos que você e seus colegas listaram no início desta atividade, seria possível licenciar um aterro sanitário? Caso a resposta seja “não”, o que está faltando para se conseguir o licenciamento?

Quais os benefícios de se obter o licenciamento ambiental sob os aspectos ambiental, da saúde, econômico e social?

Você sabia?

O ICMS Ecológico surgiu no Brasil, pioneiramente no Paraná, em 1991, a partir da aliança do Poder Executivo Estadual e de municípios, mediatizado pela Assembléia Legislativa do estado. Os municípios sentiam suas economias combalidas por causa da restrição de uso causada pela necessidade de cuidar dos mananciais de abastecimento para municípios vizinhos e pela existência de unidades de conservação, enquanto o Poder Público estadual sentia a necessidade de modernizar seus instrumentos de política pública.

Nascido sob a égide da “compensação”, o ICMS Ecológico evolui, transformando-se ao longo do tempo também em instrumento de incentivo, direto e indireto, à conservação ambiental, hoje o que mais o caracteriza.

Em São Paulo, o ICMS Ecológico destina-se aos municípios que possuem unidades de conservação e outros 0,5% aos municípios que possuem reservatórios de água destinados à geração de energia elétrica.

Adaptado de: www.ambientebrasil.com.br (Acesso em: junho de 2007).

Já em Minas Gerais, a lei do ICMS Ecológico prevê, em seu inciso VIII – Meio Ambiente – a distribuição de parte dos recursos disponíveis em dois componentes – Saneamento Básico e Unidades de Conservação:

“a) parcela de, no máximo, 50% (cinquenta por cento) do total será distribuída aos municípios cujos sistemas de tratamento ou disposição final de lixo ou de esgoto sanitário, com operação licenciada pelo órgão ambiental estadual, atendam, no mínimo, a, respectivamente, 70% (setenta por cento) e 50% (cinquenta por cento) da população, sendo que o valor máximo a ser atribuído a cada município não excederá o seu investimento, estimado com base na população atendida e no custo médio per capita dos sistemas de aterro sanitário, usina de compostagem de lixo e estação de tratamento de esgotos sanitários, fixado pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM”

Adaptado de: www.enge.com.br (Acesso em: junho de 2007).

Como podemos ver, as licenças vão sendo obtidas à medida que as etapas de um aterro sanitário vão avançando no tempo e no espaço. Na próxima seção, veremos quais os requisitos e sistemas que devem constar de um projeto de aterro sanitário e como se dá sua implantação.

Projeto e implantação

Na seção anterior, foi visto que as primeiras licenças são a LP e a LI. A primeira libera a elaboração do projeto executivo e a segunda, a implantação dos elementos constantes no projeto. Assim, após a obtenção das licenças, as etapas seguintes são de projeto e implantação, as quais serão abordadas conjuntamente nesta seção. Então, vamos lá!

Para a apresentação dos projetos de aterros sanitários, recomenda-se que sejam adotadas as normas brasileiras NBR 13896 (ABNT, 1997), que fixa os critérios de projeto de aterros de resíduos não perigosos, e a NBR 8419 (ABNT, 1992), que fixa condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Um projeto de aterro sanitário deve minimizar os riscos à saúde pública, ao meio ambiente e à sociedade, em caso de falhas na construção ou operação, assegurando o atendimento aos padrões de projeto. Geralmente, isso implica assumir níveis de segurança mínima para:

- Continuidade de fornecimento de energia e combustíveis no local;
- Operação e manutenção de equipamentos sofisticados ou caros;
- Operação e manutenção de bombas, misturadores e outros equipamentos elétricos ou mecânicos associados com controle de lixiviados e biogás;
- Integridade de longo prazo dos sistemas artificiais de impermeabilização da base.

Assim, um aterro sanitário é uma obra de engenharia e, como tal, deve ter um projeto executivo que deverá ser, obrigatoriamente, constituído das seguintes partes:

- Memorial descritivo;
- Memorial técnico;
- Cronograma de execução e estimativa de custos;
- Desenhos ou plantas;
- Eventuais anexos.

OBJETIVOS:

- Trabalhar estimativas de geração de resíduos sólidos;
- Discutir e trabalhar a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários.

Constituintes	Descrição	Conteúdo
Memorial Descritivo	Informações gerais sobre os resíduos e sobre o projeto do aterro sanitário.	• Informações cadastrais; • Informações sobre os resíduos a serem dispostos no aterro sanitário; • Caracterização do local destinado ao aterro sanitário; • Concepção e justificativa do projeto; • Descrição e especificações dos elementos do projeto; • Operação do aterro sanitário; • Uso futuro da área do aterro sanitário.
Memorial Técnico	Podemos denominar memorial técnico ao conjunto de cálculos e planos dos elementos constituintes do projeto.	• Cálculo dos elementos de projeto (mostrando dados e parâmetros de projeto utilizados, critérios, fórmulas e hipóteses de cálculo, justificativas e resultados); • vida útil do aterro (prazo de utilização); • Sistema de drenagem superficial; • Sistema de drenagem e remoção de lixiviados; • Sistema de drenagem de biogás; • Sistema de tratamento de lixiviados; • Cálculo de estabilidade dos taludes de terra e do maciço do aterro (resíduos).
Cronograma de execução e estimativa de custos	Cronograma físico-financeiro para a implantação e operação do aterro sanitário.	• Equipamentos utilizados; • Mão-de-obra empregada; • Serviços utilizados; • Materiais utilizados; • Instalações e serviços de apoio.
Desenhos ou plantas	Documento no qual se podem encontrar todas as plantas que devem estar presentes em um projeto de aterro sanitário.	• Planta de situação e localização (escala entre 1:1000 e 1:2000); • Planta de concepção geral do aterro (1:1000 e 1:5000); • Planta baixa do aterro, ou vista superior com indicação das áreas de deposição dos resíduos sólidos (não inferior a 1:1000), entre outras.
Anexos ao projeto executivo	Nos anexos ao projeto do aterro sanitário podem ser encontrados laudos e documentos que o projetista julgar necessários ou importantes.	• Licenças ambientais ou outras licenças (por exemplo, a Licença Prévia do aterro); • Certificado de propriedade ou titularidade da área; • Cópia da publicação da Licença Prévia em jornal, entre outros anexos.

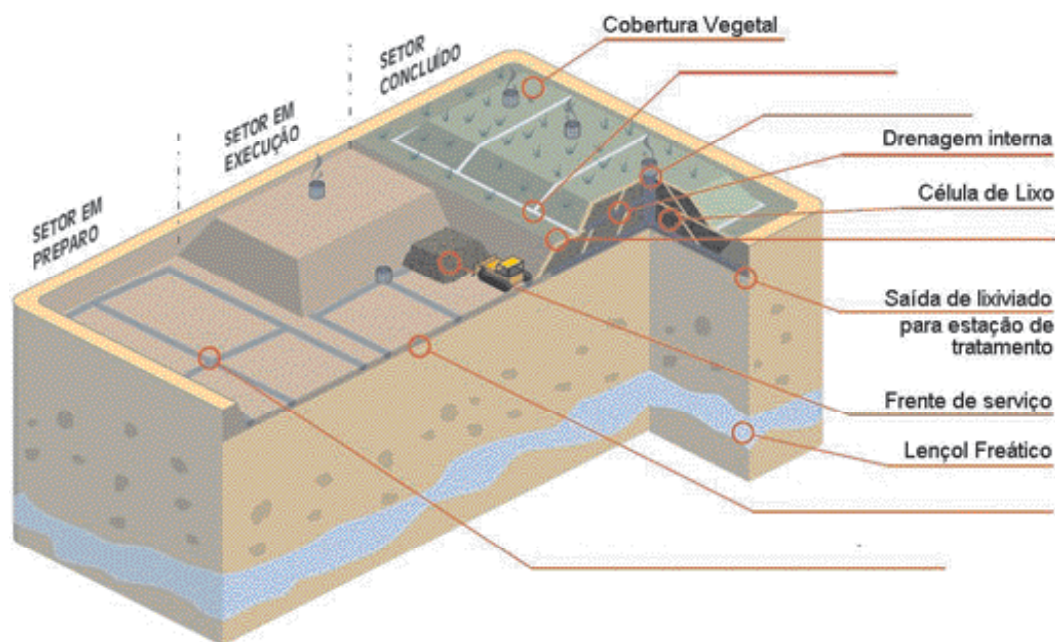
O projeto deve ser desenvolvido por profissional devidamente registrado no CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Todos os documentos e plantas relativas ao projeto devem ter assinatura e número de registro no CREA do profissional, com indicação da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

Vimos, então, Profissional, que um projeto executivo de um aterro é algo complexo. No entanto, se ele for bem planejado, sua execução será menos difícil. Vimos, também, que um aterro sanitário é composto de vários sistemas: de tratamento de lixiviado, de impermeabilização, de drenagem, entre outros. Todos cumprem várias funções, como a de evitar a proliferação de vetores transmissores de doenças, impedir a poluição dos recursos hídricos, etc. A partir de agora, estudaremos e discutiremos mais detalhadamente esses sistemas, mas, antes, realizaremos coletivamente a seguinte atividade proposta.

Atividade



No esquema a seguir apresentam-se os elementos que constituem um aterro sanitário típico. Porém, alguns nomes dos elementos foram apagados. Você e seus colegas terão a tarefa de nomear novamente esses elementos.



Depois de nomear corretamente os elementos, complete os quadros a seguir.

**Sistema de
drenagem de
águas pluviais**

Impactos negativos com a ausência do sistema à (ao):

- Bacia hidrográfica e meio ambiente

.....

.....

.....

.....

- Saúde e segurança do trabalhador

.....

.....

.....

.....

- Saúde da população atendida pelo aterro (saúde coletiva)

.....

.....

.....

.....

**Sistema de
drenagem e
tratamento de
lixiviado**

Impactos negativos com a ausência do sistema à (ao):

- Bacia hidrográfica e meio ambiente

.....

.....

.....

.....

- Saúde e segurança do trabalhador

.....

.....

.....

.....

- Saúde da população atendida pelo aterro (saúde coletiva)

.....

.....

.....

.....

Sistema de drenagem e tratamento de gases

Impactos negativos com a ausência do sistema à (ao):

- Bacia hidrográfica e meio ambiente

.....

.....

.....

- Saúde e segurança do trabalhador

.....

.....

.....

- Saúde da população atendida pelo aterro (saúde coletiva)

.....

.....

.....

Sistema de impermeabilização de base e cobertura final

Impactos negativos com a ausência do sistema à (ao):

- Bacia hidrográfica e meio ambiente

.....

.....

.....

- Saúde e segurança do trabalhador

.....

.....

.....

- Saúde da população atendida pelo aterro (saúde coletiva)

.....

.....

.....

Então, Profissional, foi possível perceber a importância dos vários sistemas que compõem um aterro sanitário? Vamos estudá-los mais detalhadamente a partir de agora e, ao final desta seção, voltaremos a essa atividade, caso ainda haja dúvidas a respeito dos sistemas.

Para começar, vamos relembrar e fixar os métodos de execução de um aterro. O método de execução é determinado pelo porte do aterro e pelas características topográficas, do tipo de solo e da profundidade do lençol freático do local escolhido para a disposição dos resíduos e podem ser:

Método de execução

- Método da Trincheira

Geralmente é utilizado em áreas planas, onde são escavadas trincheiras ou valas no solo, com dimensões variadas e adequadas ao volume de lixo gerado, de forma a permitir a operação dos equipamentos utilizados na aterragem. As dimensões da trincheira definem os métodos construtivos, a forma de operação e os equipamentos a serem utilizados. Os resíduos podem ser compactados de forma manual ou mecânica, dependendo das dimensões da trincheira. Aterros em trincheira mostram-se adequados a pequenas comunidades, pois podem ser operados de forma manual.



Tanto na operação manual quanto mecanizada, os seguintes equipamentos de proteção individual devem ser usados pelos operadores: uniforme de cor sinalizadora (vermelho, amarelo ou laranja), botas com palmilha de aço, óculos protetores, protetor auricular (operadores de trator, compactador, etc.), máscara filtradora de poeiras e gases, luva raspa de couro.



- **Método da Área ou de Superfície:**
Emprega-se este método em locais cuja topografia é apropriada ao recebimento do lixo sobre a superfície do terreno, sem alteração de sua configuração original. Este método consiste na formação de camadas de resíduos compactados, que são sobrepostas acima do nível original do terreno. Os resíduos são descarregados, espalhados, compactados e cobertos ao final do dia, seguindo a mesma metodologia empregada nos demais métodos.
- **Métodos da Rampa, Encosta ou Depressão:**
Geralmente são empregados em áreas relativamente secas e planas, de meia encosta, onde se modifica a topografia através de terraplanagem, construindo-se uma rampa cujos resíduos são dispostos, formando células. O método consiste no aterro feito com o aproveitamento de um talude, natural ou construído, onde os resíduos são compactados de encontro a esse talude.

Em aterros de grande porte, usualmente são empregados métodos combinados, de modo a aproveitar as características da topografia local.

Atividade



Com base no que acabamos de ler e no exercício referente à seleção de área, qual o método de execução que melhor atenderia à disposição final de resíduos? Por quê?

Caso exista aterro em seu município, identifique o método de execução que é adotado. Quais as vantagens e dificuldades do método? Discuta com os demais colegas suas respostas e fique atento às soluções encontradas para contornar os problemas oriundos do método de execução.

Definido um método de execução, o passo seguinte é definir o posicionamento (layout) das unidades de um aterro. Essas unidades são:

- Unidades operacionais: células de disposição de resíduos e pátios de estocagem de materiais;
- Unidades de apoio ou estruturas complementares: administração; oficina; portaria e sistema de pesagem; guaritas de segurança; acessos e sistema viário interno; redes de energia, água e telefone.

Por fim, a etapa seguinte é o planejamento, a execução e implantação dos projetos que compõem um aterro sanitário.

Projeto geométrico

O projeto geométrico consiste na definição da geometria do aterro sanitário. Ele deve ser concebido de modo a maximizar o volume a ser disposto na área disponível e atender aos requisitos mínimos exigidos para a estabilidade de sua fundação e dos seus taludes, garantindo, dessa forma, a segurança do empreendimento. O projeto geométrico é apresentado em planta e perfis, com indicação das alturas dos alteamentos, larguras das bermas de equilíbrio e inclinações dos taludes. As figuras a seguir ilustram exemplos de projetos geométricos realizados em regiões de vale e encosta.



Sistema de drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como função minimizar a entrada de águas de chuva para o interior do aterro, reduzindo, dessa forma, a geração de líquidos lixiviados e o escoamento superficial, que pode provocar erosão nos taludes do aterro e comprometer o funcionamento das camadas de cobertura final.

Devem ser definidas as inclinações ou caimentos das plataformas de operação e das bermas definitivas, além das posições e geometrias das estruturas hidráulicas de coleta e condução de águas, tais como canaletas nas bermas, escadas ou rápidos nos taludes e dispositivos de dissipação de energia.

O dimensionamento deve ser realizado a partir do projeto geométrico do aterro, do plano operacional e do conhecimento de conceitos de hidráulica e hidrologia. Como o aterro sanitário apresenta grandes deformações ao longo do tempo, devem ser utilizados dispositivos flexíveis. O adequado desempenho do sistema de drenagem superficial está diretamente ligado a um correto plano de manutenção.



Sistema de impermeabilização de base e cobertura intermediária e final

A construção de sistemas de impermeabilização em aterros objetiva impedir a infiltração de águas da chuva através da massa de resíduos, após a conclusão da operação de aterramento (impermeabilização superior) e garantir um confinamento dos resíduos e lixiviados gerados, impedindo a infiltração de poluentes no subsolo e aquíferos subjacentes (impermeabilização inferior ou da base).

Um sistema de impermeabilização deve apresentar as seguintes características:

- Estanqueidade (que impede a passagem de água);
- Durabilidade;
- Resistência mecânica;
- Resistência a intempéries;
- Compatibilidade com os resíduos a serem dispostos.

Antes de prosseguirmos, responda às seguintes questões e discuta-as em seguida:



Atividade

Qual(is) material(is) pode(m) ser usado(s) na impermeabilização da base de um aterro? Por quê? Qual(is) são os critérios de escolha do material a ser utilizado na impermeabilização de base?

Na área pré-selecionada na seção referente à seleção de área, como poderia ser o sistema de impermeabilização e qual(is) material(is) poderia (m) ser utilizado (s)? Justifique sua resposta.

Caso haja um aterro sanitário em seu município, que material foi usado para a impermeabilização de sua base? Por quê? Caso pudesse melhorá-lo, o que você faria?

Como foi a atividade, Profissional? Foi possível perceber que há diferentes materiais que podem se usados na impermeabilização de base? Guarde suas respostas para posterior reavaliação.



Dando sequência aos nossos estudos, há indicações precisas de que a impermeabilização da base pode ser realizada utilizando-se solos argilosos de baixa permeabilidade (usualmente inferior a 10^{-7} cm/s), denominados revestimentos minerais, ou com a utilização de geomembranas, denominadas revestimentos sintéticos. Conforme a norma brasileira, o sistema de impermeabilização de base deve ter durabilidade e compatibilidade com o líquido a ser isolado. Usualmente, os revestimentos minerais apresentam espessuras entre 1m e 2 m.

Aos se usarem solos argilosos, a grande dificuldade é garantir que os mesmos possuam as características apropriadas para serem utilizados como material para impermeabilização de base. Assim, vamos ler o texto a seguir, no qual é possível identificar algumas das características que um solo argiloso deve apresentar para cumprir a função de estanqueidade.

Solos Argilosos

Um solo argiloso, para ser considerado adequado para a impermeabilização de aterros, deve atender às seguintes características:

- Ser classificado como CL, CH ou SC, segundo sistema unificado de classificação de solo (Sociedade Americana de Testes e Materiais - ASTM D2487-69);
- Apresentar uma porcentagem maior do que 30% de partículas, passando pela peneira no 200 da ASTM (Análise de Granulometria por Peneiramento e Sedimentação, conforme NBR 7181/84);
- Apresentar limite de liquidez maior ou igual a 30% (conforme NBR 6459/84);
- Apresentar índice de plasticidade maior ou igual a 15% (conforme NBR 7180/84);
- Apresentar coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-7} cm/s, quando compactado.



Para atingir o grau de permeabilidade desejada, as camadas impermeabilizantes de argila devem ser executadas com controle tecnológico de compactação, com as seguintes características:

- Camadas compactadas de, no máximo, 20 cm de espessura;
- Umidade em torno da umidade ótima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor normal;
- Densidade de, no mínimo, 95% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação com energia de Proctor normal;
- Coeficiente de permeabilidade de, no máximo, 10^{-7} cm/s.

Fonte: RODCA et al, 1993.

Você sabia?

- **CL e CH:** solos argilosos inorgânicos;
- **SC:** solos arenosos com presença de argila plástica;
- **Limite de Liquidez (LL):** o menor teor de umidade com que uma amostra de um solo pode ser capaz de fluir;
- **Limite de Plasticidade (LP):** o teor de umidade em que o solo, estando no estado plástico, se perder umidade, passa para o estado semi-sólido;
- **Umidade Ótima:** umidade ideal para se compactar o solo. Parâmetro variável para cada tipo de solo.



Será que algum daqueles solos das áreas pré-selecionadas cumpre esse papel? Volte à atividade de seleção de área e pense no assunto.

Citamos também um outro grupo de materiais, chamados geossintéticos, que incluem, entre outros, as geomembranas e os geotêxteis, que são definidos a seguir:

Polimérico: objeto que possui polímeros em sua estrutura, ou seja, macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores.

Elastomérico: objeto que possui elastômero em sua estrutura, ou seja, polímeros, que, na temperatura ambiente, podem ser alongados até duas ou mais vezes e retornam rapidamente ao seu comprimento original ao se retirar a pressão. Comumente são conhecidos como borracha.

Geossintético: produto **polimérico** (sintético ou natural) industrializado, desenvolvido para aplicação em obras geotécnicas, desempenhando uma ou mais funções, entre as quais se destacam: reforço, filtração, drenagem, separação, impermeabilização e controle de erosão superficial.

Geomembrana: produto bidimensional de baixíssima permeabilidade, composto predominantemente por materiais termoplásticos, **elastoméricos** e asfálticos, utilizados para controle de fluxo e separação, nas condições de solicitação. Podem ser também reforçadas e texturizadas. As geomembranas mais utilizadas têm espessura entre 1 mm e 2 mm.



Geotêxtil: produto bidimensional permeável, composto de fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminetes ou fios, formando estruturas tecidas, não tecidas ou tricotadas, cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhe várias funções em uma obra geotécnica

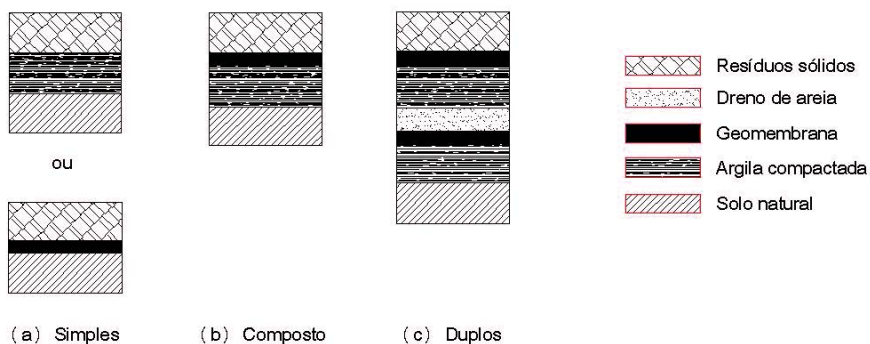


Vale lembrar que, na seleção de uma geomembrana sintética para aterro sanitário, o material a ser utilizado deve atender aos seguintes requisitos:

- Resistir satisfatoriamente ao ataque de todos os produtos químicos aos quais estiver exposto, assim como à radiação ultravioleta e aos microrganismos;
- Apresentar resistência às intempéries para suportar os ciclos de umedecimento e secagem e de frio e de calor;
- Apresentar adequada resistência à tração e flexibilidade e alongamento suficientes para suportar os esforços de instalação e de operação, sem apresentar falhas;
- Resistir à laceração, abrasão e punção de qualquer material pontiagudo ou cortante que possa estar presente nos resíduos;
- Apresentar facilidade para execução de emendas e reparos em campo, sob quaisquer circunstâncias

Você sabia?

Tendo basicamente esses dois materiais, argila e geomembranas sintéticas, em algumas situações, é recomendado o emprego dos materiais conjuntamente. Assim, os sistemas de impermeabilização de base podem ser simples, compostos ou duplos.



A decisão de qual sistema de base deve ser adotado num projeto de aterro sanitário depende fundamentalmente das condições do solo e da hidrogeologia do local, do tipo (periculosidade) dos resíduos a serem dispostos, do tamanho e importância do aterro e de uma análise de custo. A seguir, é mostrado um possível esquema de impermeabilização de base para aterros sanitários com grande potencial de impacto ambiental.

Implantando um sistema de impermeabilização

A construção da camada de base do aterro é uma das partes importantes e sensíveis de toda obra. É esta camada, se bem executada, que impede a contaminação das águas subterrâneas por lixiviados e gases. Além disso, em aterros de médio e grande porte, é praticamente impossível fazer qualquer reparo nesta camada se houver alguma ruptura.

A instalação desta camada começa com a terraplanagem do terreno, retirando a vegetação, rochas e outros materiais e deixando o terreno no greide definido pelo projeto.



Uma vez feita a terraplenagem, inicia-se a construção da camada de impermeabilização inferior propriamente dita. A argila é espalhada no local, homogeneizada e compactada com a utilização de equipamento de construção rodoviária, como grades de discos, compac-

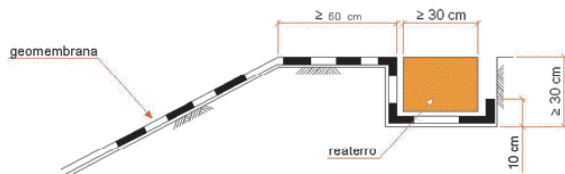
tadores pé-de-carneiro e trator de esteiras. Em pequenos aterros, a compactação pode ser feita manualmente ou com um equipamento conhecido como “sapo mecânico”.

A compactação da argila deve ser feita em camadas não superiores a 25 cm de espessura, na umidade ótima. Se a argila estiver muito úmida, uma grade de disco pode ser utilizada para revolver o material e acelerar sua secagem. Esse procedimento também é utilizado para fazer a “conexão” entre as sucessivas camadas compactadas de argila.

Quando o material estiver abaixo da umidade ótima, deve-se fazer a aplicação de água limpa com caminhão ou tanque pipa.

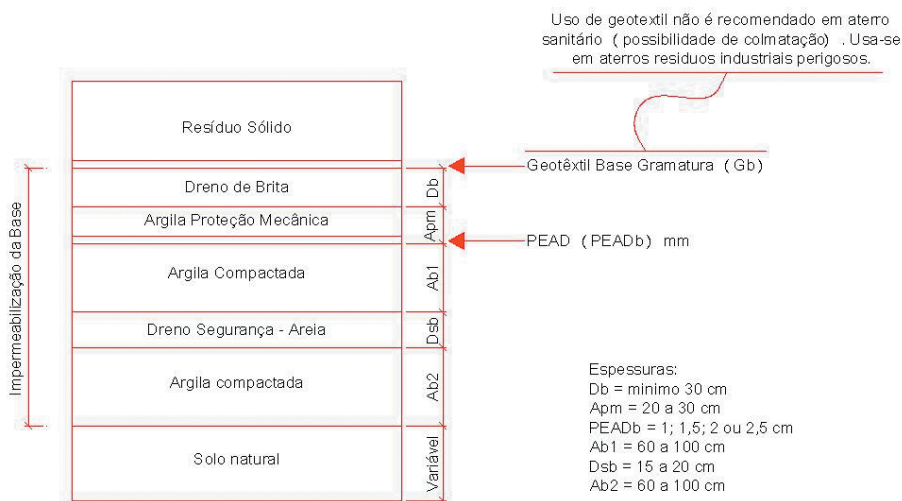
Caso o aterro tenha camada de impermeabilização composta, isto é, geomembrana sobreposta a uma camada de argila, a superfície sobre a qual a geomembrana vai ser disposta deve estar seca, lisa e livre de torrões de argila, pedras, raízes e qualquer outro material orgânico. Preferencialmente, a geomembrana deve ser instalada nas horas do dia de temperaturas mais amenas, devendo-se evitar temperaturas muito extremas, devido às dilatações que causam nas membranas.

De modo a evitar escorregamento ou ação do vento sobre a geomembrana, esta deve ser firmemente ancorada nas bordas superiores dos taludes do aterro sanitário. A canaleta de ancoragem deverá ser escavada de acordo com as dimensões previstas no projeto, e o reaterro deverá ser feito cuidadosamente para evitar danos à geomembrana. Como material de reaterro, pode-se utilizar o próprio solo escavado ou concreto.



Fonte: REICHERT, 2007.

Com o objetivo de proteger a geomembrana de danos que possam ser causados pela colocação do sistema de drenagem (brita) ou mesmo dos resíduos sólidos (materiais pontiagudos e cortantes), uma camada de proteção mecânica deverá ser colocada sobre a geomembrana. Esta camada, com cerca de 20 a 30 cm de espessura, poderá ser de qualquer solo, não sendo necessário que seja argila, uma vez que a sua função não é de impermeabilização, mas de proteção. Esta camada de solo também evita que a geomembrana fique exposta à ação da temperatura e dos raios solares. A seguir apresenta-se um esquema de impermeabilização de base, devendo ser está utilizada apenas como referência.



Fonte: REICHERT, 2007.

Fonte: Adaptado de REICHERT, 2007.

Para concluir essa fase de impermeabilização, vamos voltar às questões propostas no início desta seção e discuti-las novamente.

Então, Profissional? Como foi a nova discussão a respeito do sistema de impermeabilização de base? Esperamos que as dúvidas tenham sido esclarecidas. Agora, vamos falar de outro sistema de impermeabilização, conhecido como cobertura intermediária e final. Antes de prosseguirmos, vamos fazer a seguinte atividade coletivamente.



Atividade

Existem diferenças entre os dois sistemas de impermeabilização (de base e cobertura)? Enumere algumas dessas diferenças.

Qual(is) material(is) pode(m) ser usado(s) na cobertura intermediária e final? Por quê? Qual(is) é(são) o(s) critério(s) de escolha do material a ser utilizado na impermeabilização de cobertura?

Na área pré-selecionada na seção referente à seleção de área, como poderia ser o sistema de impermeabilização e qual(is) material(is) poderia(m) ser utilizado(s)? Justifique sua resposta.

.....

.....

.....

Como são feitas as coberturas intermediária e final em seu município?
Como melhorá-las?

.....

.....

.....

.....

Guarde suas respostas, para posterior reavaliação no final deste item.

Dando continuidade aos nossos estudos, há indicações claras de que o sistema de cobertura intermediário tem funções sanitárias e operacionais. Dentre as funções sanitárias, destaca-se a eliminação da exposição dos resíduos e a conseqüente possibilidade de espalhamento dos mesmos pela ação do vento, a proliferação de vetores, presença de animais e exalação de odores. Sob o ponto de vista operacional, a implantação da cobertura intermediária deve permitir o tráfego de veículos e equipamentos diretamente sobre a camada, além de possibilitar o desvio de águas de chuva para o sistema de drenagem superficial. As camadas de cobertura intermediária devem atender a essas funções com a menor espessura possível, pois grandes espessuras reduzem o volume útil do aterro e demandam a exploração de jazidas. Usualmente, são utilizadas espessuras entre 20 e 40 cm.

Acesse o software Bacia Hidrográfica Virtual. Agora, vamos ver e discutir como a exploração de jazidas pode afetar negativamente o meio ambiente, a sociedade e a saúde coletiva.

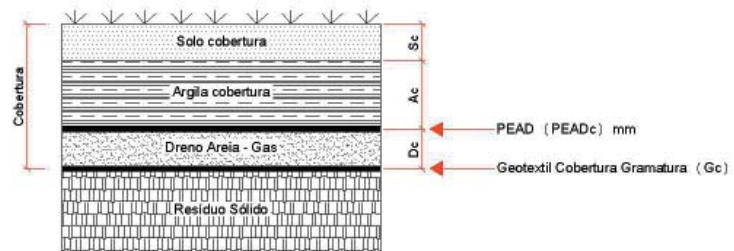


Já o sistema de cobertura final tem como principais funções: minimizar a infiltração de água para o interior do aterro, reduzindo o volume de líquidos lixiviados gerados; minimizar o escape descontrolado de gases para a atmosfera; permitir a recuperação ambiental da área a partir do plantio de vegetação. Observa-se, dessa forma, que os materiais a serem utili-

zados devem ser impermeáveis, resistentes a processos erosivos e com características de fertilidade adequadas ao estabelecimento de vegetação. A seguir é apresentado um possível esquema de cobertura final.



Fonte: SLU-BH/UFMG.



A camada de argila deverá ter uma espessura recomendada de 60 cm e ser compactada até uma permeabilidade inferior a 1×10^{-5} cm/s. No entanto, mesmo com uma compactação, a camada de cobertura com argila está suscetível a fissuramento devido a **recalques** diferenciais da massa de resíduos que está abaixo. Nesse caso, pode ser indicada a utilização de barreiras mais flexíveis, como as camadas compostas de argila e geomembranas. As geomembranas de PEMBD – polietileno de muito baixa densidade – e de PVC são as mais recomendáveis, pois apresentam boa flexibilidade e boa resistência à **punção**. A espessura mínima recomendada para a geomembrana de cobertura é de 0,5 mm.

Recalque diferencial: uma parte ou um lado de uma estrutura (um prédio ou um aterro) afunda mais do que a outra.

Punção: ato, processo ou efeito de furar com instrumento ou objeto dotado de ponta.

Para evitar o ressecamento e danos à camada de argila, deve ser prevista uma cobertura com solo vegetal. Essa camada de solo vegetal favorece um maior escoamento superficial e protege contra a erosão. A vegetação a ser colocada deve ser resistente, auto-suportada, densa o suficiente para minimizar a erosão, e possuir raízes que não penetrem a camada de baixa permeabilidade (camada de argila). Sugerem-se gramíneas de raízes radiais; deve ser evitado o plantio ou o crescimento natural de espécies com raízes pivotantes e profundas (ipê, aroeira etc). A espessura dessa camada vegetal deverá ser da ordem de 20 cm a 30 cm, com uma declividade entre 3% a 5 %.

Gramínea de raiz radial



Raízes pivotantes



Quando for utilizada camada de cobertura composta (argila + geoembrana), é importante que, logo abaixo dessa dupla camada, seja instalado um dreno horizontal de biogás, com espessura de 15 cm a 20 cm. Esse dreno terá a função de captar os gases formados pela decomposição dos resíduos e conduzi-los até os drenos verticais de gases. Caso seja utilizada camada composta de cobertura sem colocação desse dreno, a pressão do gás poderá gerar pontos localizados de elevada pressão de biogás no interior do aterro, resultando em bolhas de gás, que podem causar elevação da camada de cobertura, ruptura da camada ou até instabilidade geotécnica do aterro. Em aterros energéticos, ou seja, onde se deseja fazer o aproveitamento do biogás, ou a obtenção de créditos de carbono, para maximizar o aproveitamento do biogás gerado, a camada composta de cobertura também deve ser a preferida pelo projetista.

Em qualquer aterro, a camada mínima de cobertura deverá ter 60 cm de argila compactada e uma cobertura de solo vegetal de 20 cm. Alguns dos materiais alternativos para cobertura de aterro sanitário são os lodos de estação de tratamento de água (ETA) e de estações de tratamento de esgoto (ETE), a areia de fundição e os entulhos da construção civil. **Porém, esses materiais alternativos devem ser classificados como inertes.**

Por fim, Profissional, discuta novamente as respostas dadas às questões que iniciaram o item cobertura intermediária e final.

Sistemas de drenagem e tratamento de lixiviados

Até o momento, só falamos de lixiviados, popularmente conhecidos como chorume. Mas quais são os riscos que os lixiviados trazem para a saúde, a bacia hidrográfica e a sociedade? Como estimar sua geração? Como drená-los e tratá-los? A essas perguntas, nós tentaremos responder ao longo desta seção. Agora, vamos ler o texto e realizar a atividade a seguir.

O lixo ameaça o paraíso

Em seus 70 quilômetros, a costa sul de São Sebastião, no litoral norte do estado de São Paulo, concentra algumas das mais belas praias do país. É um paraíso localizado entre uma seqüência de montanhas cobertas de Mata Atlântica e uma faixa de mar cristalino que recebe, a cada verão, mais de 400 mil visitantes. Eles convivem com uma ameaça. Há vários anos, o lixão localizado próximo à Praia da Baleia, às margens da Rodovia Rio Santos, preocupa moradores e turistas. Ninguém, no entanto, sabia ao certo qual o risco oferecido por aqueles montes de dejetos depositados ao

lado da Serra do Mar. Uma análise realizada em janeiro pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) nas águas próximas ao lixão, só agora divulgada, transformou em realidade o que era apenas desconfiança. O chorume – líquido resultante da decomposição dos dejetos – está infestado de coliformes fecais e vem envenenando rios e córregos. “O nível de contaminação que observamos ali é assustador”, afirma João Antonio Fuzaro, coordenador de licenciamento ambiental e de proteção de recursos naturais da Secretaria Estadual do Meio Ambiente.

Alessandro Duarte

Fonte: Adaptado de: <http://veja.abril.com.br/vejasp/240402/litoral.html> (Acesso em: janeiro de 2008).



Atividade

No texto “O lixo ameaça o paraíso”, apresentamos um dos vários problemas causados pelos lixiviados. Sistematize outros problemas da mesma natureza.

Como é o sistema de drenagem e tratamento de lixiviados – caso existam – em seu município? Descreva os sistemas e aponte as dificuldades encontradas em operá-los?

O **lixiviado** é um produto derivado da hidrólise dos compostos orgânicos e da umidade do sistema, com características que variam em função do tipo de resíduos sólidos, da idade do aterro, das condições meteorológicas, geológicas e hidrológicas do local de disposição. Em geral, o **lixiviado** possui elevada carga orgânica, fontes de nitrogênio – como a amônia –, metais pesados e grupos microbianos. Assim, os **lixiviados** podem contaminar as águas subterrâneas e superficiais, transmitir doenças ao homem, como a **hepatite A**, entre outras.

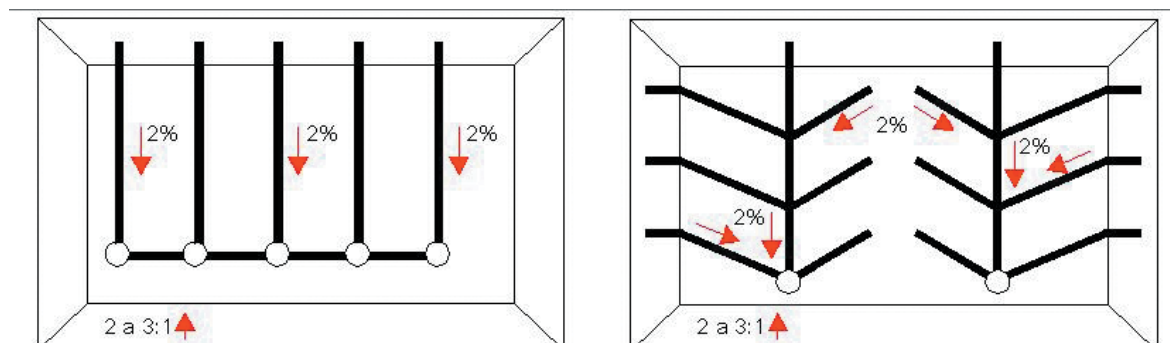


Devido às suas características, os **lixiviados** devem ser drenados e tratados adequadamente antes de serem devolvidos ao meio ambiente. Assim, o sistema de drenagem de líquidos **lixiviados** tem como objetivo conduzir os líquidos para o sistema de tratamento, evitando seu acúmulo na massa de resíduos e os possíveis problemas de instabilidade associados a isso.

Há as seguintes possibilidades para se construir um sistema de drenagem de **lixiviados**:

Sistemas	Configuração	Materiais	Vantagens	Desvantagens
Colchão drenante		Pedras de mão ou brita	Maior eficiência	Maior custo
Espinha de peixe		Pedras de mão ou brita	Menor custo	Menos eficiência

No caso de drenos em espinha de peixe, a rede de drenagem de lixiviados pode ter várias configurações em planta como mostra a seguir, sendo que a opção a ser adotada no projeto depende, fundamentalmente, da topografia do local e da geometria do projeto do aterro. Os drenos, além da base do aterro, devem também abranger parte dos taludes.



Em todos os sistemas mostrados, o lixiviado flui por gravidade (preferível à utilização de bombas) para as áreas de acúmulo ou pontos de saída (identificados com um círculo branco na figura acima), onde algum sistema de remoção é instalado.

Mas como se estimar e dimensionar o sistema de drenagem? Existem alguns métodos de estimativa de vazão de lixiviados, sendo os mais completos os que são baseados no balanço hidrológico. Porém, esses métodos necessitam de um número grande de informações; portanto, em aterros menores e mais simples, ou na falta de dados para aplicação dos modelos de balanço hídrico, metodologias simplificadas podem ser empregadas. Uma delas é o Método Suíço, que estima a vazão de lixiviado de acordo com a seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{t} \cdot P \cdot A \cdot K$$

Q = vazão média do lixiviado (L/s);

P = precipitação média anual (mm);

A = área do aterro (m²);

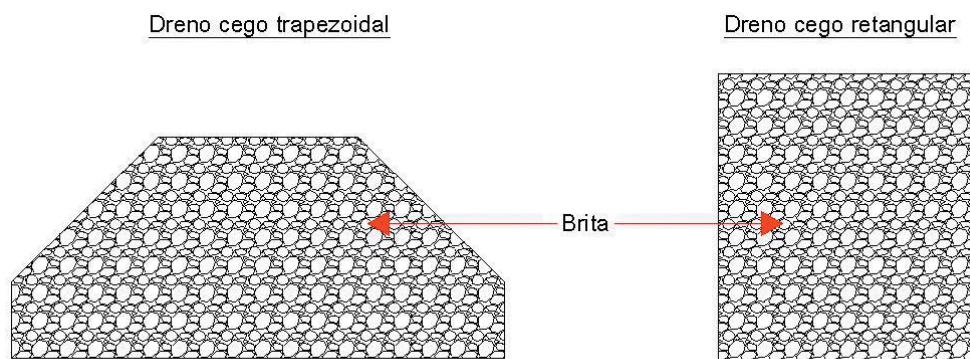
t = número de segundos em um ano (s);

K = coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos, com valores recomendados a partir da observação experimental. Na tabela a seguir, encontram-se alguns dos valores de K.

Peso específico dos resíduos no aterro	K (não tem dimensão = adimensional)
0,4 a 0,7 t/m ³ (pouco compactados)	0,25 a 0,5
> 0,7 t/m ³ (bem compactados)	0,15 a 0,25

Fonte: Adaptado de ROCCA et al, 1993.

Depois de estimada a vazão de lixiviados, o passo seguinte é determinar as dimensões dos drenos. No Brasil, utilizam-se muito os chamados drenos cegos, ou seja, drenos com seção sem tubo circular, que possuem somente brita como meio drenante.



Fonte: REICHERT, 2007

Em seguida, utiliza-se a Lei de Darcy, adotando-se o gradiente hidráulico como sendo igual à declividade do dreno.

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

Q = a vazão de projeto para a seção do dreno de lixiviado considerada (m³/s);

K = coeficiente de permeabilidade do meio drenante (brita) (m/s);

i = gradiente hidráulico, que pode ser aproximado pela declividade do dreno no trecho considerado (m/m);

A = área de contribuição do aterro para o dreno considerado (m²).

Material ou meio drenante	Permeabilidade K (m/s)
Brita nº 5 (75 – 150 mm)	1,0
Brita nº 4 (50 – 75 mm)	0,8
Brita nº 3 (38 – 50 mm)	0,45
Brita nº 2 (25 – 38 mm)	0,25
Brita nº 1 (19 – 25 mm)	0,15
Brita 0 e pedrisco (9,5 – 19 mm)	0,5
Areia grossa (4,8 – 6,3 mm)	0,01 a 10–3

Fonte: RHODIA, 1991.

Você sabia?

Foi o francês Henry Darcy quem, em 1856, estabeleceu uma lei para avaliação do fluxo em meios porosos. A sua lei estabelece que a vazão de água que passa através de um leito de areia ou outro material poroso é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico, à área da seção considerada e a um coeficiente, denominado coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica, que depende da natureza do material.

Gradiente hidráulico é a variação da carga hidráulica entre os dois pontos considerados, podendo, em alguns casos, ser calculado pela diferença de cota entre eles.

Da equação da Lei de Darcy, isola-se A:

$$A = \frac{Q}{K \cdot i}$$

Com a seção transversal do dreno calculada, define-se a forma da seção (normalmente retangular ou trapezoidal) e calculam-se suas dimensões. Em drenos escavados em argila (na base) ou na camada de resíduos (em drenos intermediários), a largura mínima é, normalmente, de 40 cm (corresponde à largura das conchas de escavação de retroescavadeiras e é também a largura mínima para a descida de um operário na vala).

Para permitir melhores condições de escoamento dos lixiviados, as declividades dos drenos devem ficar entre 1% ou 2 % ($1 < i < 2 \%$, ou seja, $0,01 < i < 0,02$ m/m). O material de preenchimento do dreno, preferencialmente, deve ser feito com brita de rochas metamórficas (gnaisse) por sua maior resistência, e com a utilização de britas 3, 4 ou 5. A porosidade destas britas varia de 40 a 50 %.

É conveniente verificar se o escoamento no dreno está dentro do previsto pelo cálculo do número de Reynolds ($1 < Re < 3000$). As equações para o cálculo do número de Reynolds podem ser encontradas em qualquer livro de hidráulica.

Por fim, o espaçamento entre os drenos – quando é utilizado o esquema de espinha de peixe – pode ser calculado para que a altura da lâmina líquida de lixiviados sobre a base do aterro não ultrapasse a altura máxima ($h_{\max}$) desejada, por exemplo, os 30 cm estabelecidos pela NBR 13896 (ABNT, 1997). Neste caso, a seguinte equação pode ser utilizada para espaçamento de drenos.

$$L = 2h_{\max} / \{ c^{1/2} [(\tan^2 \phi/c) + 1 - (\tan \phi/c) (\tan^2 \phi + c)^{1/2}] \}$$

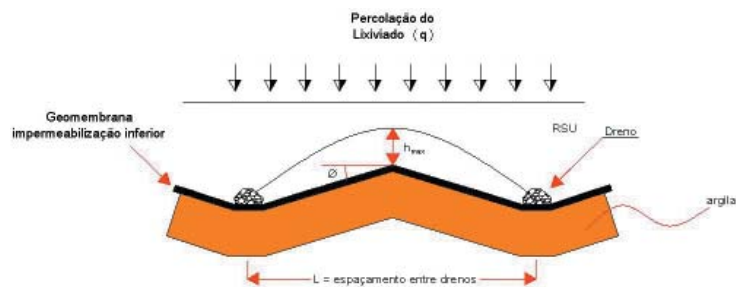
L = espaçamento entre drenos de lixiviados; **c** = q/k (adimensional);

$h_{\max}$ = altura máxima da lâmina de lixiviado entre drenos adjacentes;

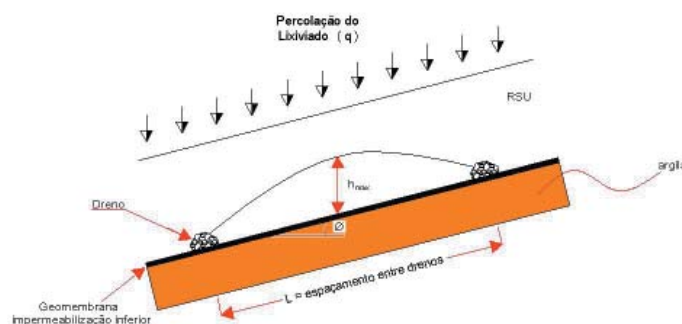
ϕ = ângulo de declividade entre drenos;

q = intensidade de infiltração/percolação (ou vazão específica);

k = condutividade hidráulica (permeabilidade) dos RSU compactados. O valor varia entre 10^{-3} a 10^{-4} cm/s para aterros no Brasil.



Fonte: REICHERT, 2007.



Fonte: REICHERT, 2007.



Atividade

Agora que sabemos como dimensionar um sistema de drenagem de lixiviados, vamos praticar o que apreendemos nesta primeira parte da seção. Assim, considere um aterro sanitário ainda em operação, com área útil de 6 ha, recebendo cerca de 400 t/d de RSU. Suponha que o aterro esteja localizado em um município onde a chuva média anual é de 1.500mm/ano. Calcule (adote os parâmetros adequados e justifique os valores adotados):

- a)** a vazão média de lixiviado gerado;
- b)** a seção transversal do dreno de lixiviados (área e dimensões);
- c)** o espaçamento entre drenos de lixiviado (em planta) para que a altura máxima de lixiviado no corpo do aterro seja de 30 cm.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dimensionado o sistema de drenagem de lixiviados, o passo seguinte é tratá-los. Para isso contamos com o sistema de tratamento de lixiviados. Antes de nos aprofundarmos nesse assunto, reflita e discuta as seguintes questões:

Como é feito o tratamento de lixiviados no aterro sanitário de seu município, caso exista, Profissional? Os sistemas de tratamento de lixiviados, empregados no Brasil, são eficientes? Eles atendem às exigências ambientais para lançamento de efluentes? Caso a resposta seja “não”, proponha soluções para resolver esse problema.

Provavelmente, da discussão anterior, concluiu-se que o tratamento dos lixiviados consiste, hoje, em um dos principais problemas e dúvidas enfrentados por projetistas e por operadores de aterros sanitários, pois esse efluente apresenta constituição muito variada e alto poder poluidor, principalmente do ponto de vista de carga orgânica.

Embora venham sendo adotados os processos de tratamento de esgotos domésticos aos lixiviados no Brasil, ainda não há dados concretos sobre a eficiência dos sistemas de tratamentos empregados. Nos últimos anos, tem crescido o número de aterros sanitários que possuem sistemas de tratamento, haja vista a implementação de novas leis ambientais e uma maior fiscalização. Os sistemas de tratamento mais empregados são:

Tratamento biológico:

- Lodos ativados;
- Lagoas de estabilização;
- Lagoas aeradas;
- Contadores biológicos rotatórios (biodiscos);
- Digestão anaeróbia.

Se quiser saber mais sobre o processo de tratamento biológico, faça as oficinas da área temática de Sistema de Esgotamento Sanitário.

Tratamento físico-químico:

- Floculação e sedimentação;
- Filtração;
- Coagulação e precipitação;
- Carvão ativado, entre outros.

Processos Alternativos:

- Aplicação no solo;
- Tratamento combinado com águas residuárias (esgoto doméstico);
- Recirculação.

Cada um dos tratamentos apresenta vantagens e desvantagens, como é mostrado no quadro a seguir.

Tratamento		Combinado com ETE	Recirculação	Lagoa de estabilização	Aeróbio	Anaeróbio	Físico-químico
Temperatura média	E	A	+	+	+	+	A
	M	A	A	+	A	+	A
	B	A	A	-	-	-	A
Precipitação	E	A	-	-	A	A	A
	M	A	-	-	A	A	A
	B	A	+	+	A	A	A
Vazão de lixiviado	E	-	A	A	A	-	-
	M	-	A	A	A	A	A
	B	+	+	+	A	A	A
Concentração de lixiviado	E	-	+	A	-	+	-
	M	A	A	+	A	+	-
	B	+	A	+	+	A	+
Idade do aterro	V	+	A	-	-	-	+
	J	-	+	+	+	+	A
Área disponível	E	A	A	+	+	A	A
	M	A	A	A	A	+	+
	B	+	A	-	-	+	+

OBS.: Elevado (E); Médio (M); Baixo (B); Jovem (J); Velho (V); Favorável (+); Desfavorável (-); Indiferente (A).

Fonte: REICHERT, 1999.

Como vimos, Profissional, existe uma quantidade variada de tratamentos; portanto, apresentaremos um exemplo de dimensionamento de um dos possíveis sistemas de tratamento. Devemos ficar atentos, pois usualmente utilizam-se, para o tratamento de lixiviados, valores para os parâmetros de operação, especialmente para filtros e lagoas, de esgoto doméstico. É importante lembrar que estamos falando de dois efluentes diferentes. Assim, é fundamental que seja feita uma caracterização completa do lixiviado, uma vez que a variabilidade desse efluente é imensa (tipo de resíduo, clima, operação e idade do aterro, etc.). Redobre sua atenção para o lixiviado gerado em seu aterro sanitário e as suas condições em área para o tratamento do mesmo.

Antes de prosseguirmos, vamos relembrar alguns conceitos necessários à compreensão do assunto que será abordado a seguir.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):

- Mede a quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos aeróbios para a degradação da matéria orgânica.
- Representa, de forma indireta, a quantidade de matéria orgânica presente nos efluentes;
- Para permitir a comparação entre diferentes resultados, o teste é realizado em condições padronizadas, à temperatura de 20°C e com cinco dias de duração.

Taxa de aplicação: quantidade de matéria orgânica, expressa em DBO, que entra no sistema de tratamento em um determinado tempo.

Filtro anaeróbio de leito fixo: Construídos com brita três ou quatro, os filtros são responsáveis basicamente pela remoção de matéria orgânica particulada ou dissolvida, em ambientes sem a presença de oxigênio livre.



Fonte: Wagner G. Moravia / Pesquisador DTI - PROSAB
Edital 5 - Tema 3-2008



Fonte: Wagner G. Moravia / Pesquisador DTI - PROSAB
Edital 5 - Tema 3-2008

O volume do filtro anaeróbio é dado a partir da vazão e do tempo de detenção adotado:

$$V = Q/t$$

V = volume do filtro (m³);

t = tempo de detenção hidráulica (d).

Q = vazão de lixiviado (m³/d);

Filtro biológico aeróbio: No filtro biológico aeróbio, o efluente passa por um meio poroso normalmente constituído por brita 3, onde, na presença de ar atmosférico, o líquido entra em contato com as bactérias aderidas ao meio suporte (brita).

Em geral, o dimensionamento desses sistemas é feito com base na taxa de aplicação hidráulica ou carga volumétrica. As cargas aplicadas variam de 0,2 a 1,8 kg DBO / m³.d. O volume do filtro é dado por:

$$V = \frac{Q \cdot S_o}{L_a}$$

V = volume do filtro (m³);

S_o = DBO entrada (mg/L).

Q = vazão média afluente (m³/d);

L_a = carga volumétrica ou taxa de aplicação (kg DBO / m³.d).

A profundidade dos filtros é variada, sendo que, no tratamento de esgotos, a profundidade usual é de 0,9 a 2,4 m. Adotando-se uma altura, calcula-se a área necessária e as dimensões do filtro.

Lagoas de estabilização: A lagoa anaeróbia tem menor volume e maior profundidade. Sua eficiência na remoção de DBO é de 40% a 50%. A DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. A taxa de aplicação volumétrica L_v é função da temperatura do ar e varia entre 0,1 a 0,3 kg. DBO₅/m³.d. Quanto maiores as temperaturas, maiores as taxas que se podem usar no projeto.



Conhecida a vazão de lixiviados a adotar e a sua concentração em termos DBO, pode-se calcular a carga de DBO afluente à lagoa anaeróbia:

$$L = \frac{Q \cdot S_o}{1000}$$

L = carga afluente de DBO (kg DBO/d); **S_o** = DBO entrada (mg/L).

Q = vazão média afluente (m³/d);

A seguir calcula-se o volume:

$$V = L/L_v$$

V = volume do filtro (m³);

L_v = taxa de aplicação volumétrica (kg.
DBO5/m³.d).

L = carga de DBO aplicada (kg DBO/d);

O tempo de detenção hidráulica *t* (em dias) é calculado como se segue:

$$t = V/Q$$

A profundidade *h* das lagoas anaeróbias varia de 3 m a 5 m. Adotando-se uma profundidade de projeto, calcula-se a área *A* necessária para a lagoa:

$$A = V/h$$

As dimensões adotadas devem ser tais que a lagoa tenha relação comprimento/largura de 1:1 (quadrada) ou 2:1 (retangular). Assim, conhecida a área e definida a relação de dimensões, calcula-se a largura e o comprimento da lagoa anaeróbia.

A lagoa facultativa tem pouca profundidade e grande área. A DBO solúvel é particulada e estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido e a DBO suspensa tende a sedimentar-se, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.



A carga afluyente à lagoa facultativa é:

$$L = \frac{Q \cdot S_o}{1000}$$

L = carga afluyente de DBO (kg DBO/d);

S_o = DBO entrada (mg/L). (= DBOefluente da lagoa anaeróbia).

Q = vazão média afluyente (m³/d);

A área requerida para a lagoa facultativa é:

$$A = L/L_s$$

A = área da lagoa facultativa (há);

L_s = taxa de aplicação superficial (kg DBO/ha.d).

L = carga de DBO aplicada (kg DBO/d);

Valores de L_s

Regiões de inverno quente e elevada insolação: L_s = 240 a 350 kg DBO/ha.d

Regiões de inverno e insolação moderados: L_s = 120 a 240 kg DBO/ha.d

Regiões com inverno frio e baixa insolação: L_s = 100 a 180 kg DBO/ha.d

A profundidade h da lagoa de facultativas para tratamento de esgotos varia de 1,0 a 2,0 metros. No caso de lixiviados, que têm concentrações muito mais elevadas que os esgotos domésticos, e de modo a partir a entrada de luz nas lagoas, sugere-se que sejam utilizadas alturas menores, na ordem de 0,6 m a 1,2 m. Adotando-se uma altura h , calcula-se o volume V pela equação seguinte:

$$V = A.h$$

Conhecido o volume V da lagoa facultativa, o tempo de detenção hidráulica é calculado como no dimensionamento da lagoa anaeróbia. As dimensões da lagoa facultativa variam de 2,5:1 até 4:1 (comprimento/largura).

Você sabia?

Todas as técnicas de tratamento de esgotos domésticos podem ser aplicadas ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Lembre-se, entretanto, de que os parâmetros de projeto e as eficiências alcançadas não são as mesmas.

A eficiência de remoção de DBO pelo filtro anaeróbio está entre 70% e 80%. Para os filtros aeróbios, a seguinte expressão pode ser utilizada:

$$E = 1 / 1 + 0,443 (w/V)^{1/2}$$

E = eficiência de remoção de DBO; **V** = volume do filtro (m^3).

W = carga orgânica aplicada (kg DBO/d);

Para as lagoas anaeróbias, a eficiência de remoção é da ordem de 50%. Assim a DBO de saída (S) pode ser calculada da equação:

$$E = \frac{S - S_o}{S_o} 100$$

Por fim a DBO efluente de uma lagoa facultativa é dado por:

$$S = S_o / (1 + k.t)$$

S = DBO de saída (mg/L);

t = tempo de detenção hidráulica (d);

S_o = DBO de entrada (mg/L);

k = coeficiente cinético (0,1 a 0,35 d⁻¹).

OBS.: Para se calcular a eficiência de remoção de DBO em uma lagoa facultativa, utiliza-se a mesma equação para lagoas anaeróbias.



Atividade

Com base no dimensionamento sugerido anteriormente, dimensione um sistema de tratamento de lixiviados composto por um filtro anaeróbio, filtro aeróbio, lagoa anaeróbia e lagoa facultativa, todos em série. Considere a eficiência de remoção do filtro anaeróbio em 75%.

Dados do problema:

Q = 1 L/s;

DBO = 7000mg/L

L_a = Carga aplicada de: 1 kg DBO/m³.d

L_v = 0,2 kg/m³.d

O efluente que sai da lagoa facultativa, na atividade anterior, poderia ser devolvido ao meio ambiente? Caso a resposta seja “não”, o que poderia ser feito a respeito? Tome como base a legislação Federal (CONAMA N° 357) e a legislação vigente em seu estado sobre lançamento de efluentes em corpos receptores.

Sistemas de drenagem e tratamento de gases

Um outro subproduto gerado da decomposição dos resíduos sólidos nos aterros sanitários são os gases. Esses gases gerados são, basicamente, o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2). Como os dois contribuem para o agravamento do efeito estufa, eles precisam ser drenados e tratados adequadamente. Estima-se uma geração de 370 a 400 Nm^3 de biogás, outro nome pelo qual é conhecido o metano, por tonelada de matéria seca digerida dos resíduos sólidos. Esses valores têm sido freqüentemente utilizados em projetos de aterros brasileiros.

Assim, para o sistema de drenagem de gases de aterros, são utilizados tanto drenos verticais quanto horizontais para a retirada do gás dos aterros. Os drenos verticais de gás são os mais utilizados, sendo que, nesse caso, sempre são interligados com os drenos horizontais de lixiviados.



Fonte: SLUBH/UFMG

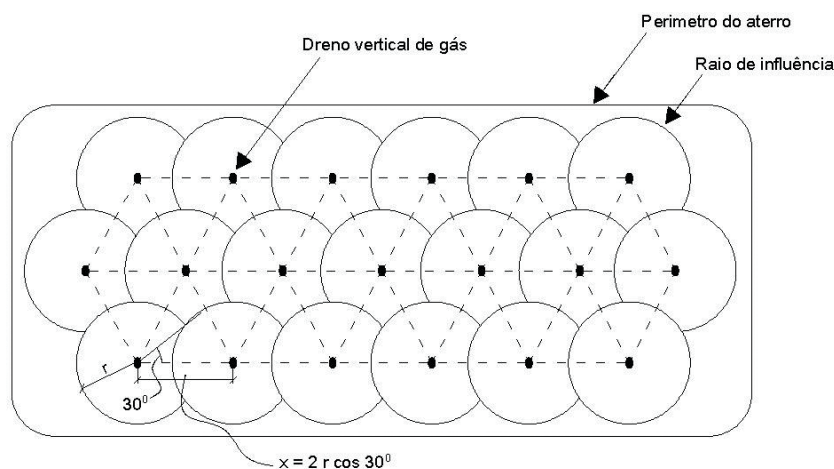
Para dimensionar o dreno vertical, podem-se utilizar equações de fluxo de fluidos (neste caso um gás) em meios porosos (brita) ou mesmo em tubulações. Porém, normalmente, adota-se um dimensionamento empírico do sistema vertical de drenos. Assim, os drenos verticais possuem diâmetros que variam de 50 cm a 100 cm, sendo preenchidos com rocha brita 3, 4 ou 5. Aterros maiores e de maior altura podem possuir drenos verticais de até 150 cm de diâmetro.



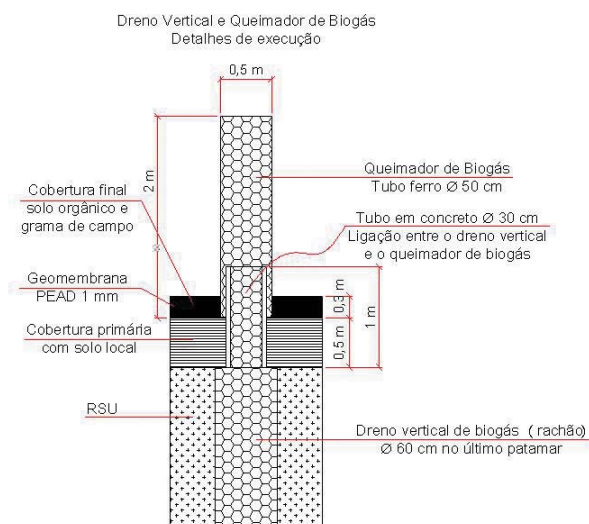
Fonte: SLUBH/UFMG

No projeto, a distribuição em planta dos drenos verticais de gases é feita considerando-se um raio de influência, ou de captação de biogás, de cada dreno, que pode variar de 15m a 30 m. Sugere-se que, quanto maior for a altura, menor seja o raio de influência de projeto de cada dreno.

Uma vez definido raio de influência de cada dreno, o projetista faz a distribuição dos drenos verticais em planta, de modo a haver sobreposição dos raios de influência. Cabe lembrar, novamente, que os drenos verticais devem ficar conectados com os drenos de lixiviados colocados na base do aterro. Assim, pode haver a necessidade de ajustes da posição em planta dos drenos, de modo a sempre garantir essa interconexão.



Depois de drenado, o biogás é encaminhado para o tratamento. A forma mais usual e barata de se tratar o biogás é queimá-lo, pois dessa maneira diminui-se o efeito poluidor causado por ele na atmosfera (o metano é cerca de 21 vezes mais nocivo para o efeito estufa do que o dióxido de carbono).



Fontes: SLU-BH

Atualmente, devido a seu potencial energético, outro destino vem sendo dado ao biogás. Você, Profissional, já deve ter ouvido falar sobre créditos de carbono, não é mesmo? Vamos ler alguns textos a seguir que tratam desse assunto.

O que são créditos de carbono?

O mercado de carbono funciona sob as regras do Protocolo de Kyoto, nas quais existem mecanismos de flexibilização para auxiliar na redução das emissões de gases do efeito estufa. Um desses mecanismos é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, MDL, o qual é o único que integra os países em desenvolvimento ao mercado de carbono. Os outros dois mecanismos estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto são: Implementação Conjunta, realizado entre países desenvolvidos, podendo envolver economias em transição; e Mercado de Emissões, que ocorre somente entre países desenvolvidos. Neste último mecanismo, um país que tenha reduzido as suas emissões a níveis abaixo da meta pode vender esse “excesso” para outro país, sendo os dois integrantes do Anexo 1 da Convenção. Este mercado funciona através da comercialização de certificados de emissão de gases do efeito estufa em bolsas, fundos ou através de corretores, onde os países desenvolvidos, que têm de cumprir compromissos de redução da emissão desses gases, podem comprar créditos derivados dos mecanismos de flexibilização. Esse processo de compra e venda de créditos se dá a partir de projetos, que podem ser ligados a reflorestamentos, ao desenvolvimento de energias alternativas, à eficiência energética, ao controle de emissões e outros.

Fonte: <http://www.carbonobrasil.com/faq.htm> (Acesso em: janeiro de 2008).

Constitui-se no protocolo de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global.

Discutido e negociado em Kyoto, no Japão, em 1997, foi aberto para assinaturas em 16 de março de 1998 e ratificado em 15 de março de 1999. Oficialmente, entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em novembro de 2004.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kyoto
(Acesso em: fevereiro de 2008).

Crédito de carbono impulsiona usinas

Projetos de uso do biogás – gerado pela decomposição do lixo nos aterros sanitários, para a produção de energia elétrica – devem começar a sair do papel, associados à venda de créditos de carbono, mecanismo estabelecido pelo Protocolo de Quioto para reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera.

Num dos principais projetos do País, o da Qualix Serviços Ambientais, que administra o maior aterro da América Latina, o São João, em São Paulo, serão investidos US\$ 20 milhões para gerar 20 MW. A energia será suficiente para

abastecer uma cidade de 150 mil habitantes. No Rio, a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) prepara o edital de licitação para exploração do biogás no aterro de Gramacho, segundo maior do Brasil.

Jiane Carvalho

Fonte: Adaptado de Gazeta Mercantil - http://www.sfec.org.br/artigos/meio_ambiente/credito_carbono_impulsiona_usinas.htm (Acesso em: janeiro de 2008).



Vamos assistir a um vídeo sobre a utilização do biogás como fonte geradora de energia. Em seguida, retomaremos a leitura sobre créditos de carbono.

Uma verdade inconveniente

Muito têm sido especulado a respeito do Mercado dos Créditos de Carbono e as expectativas que estão sendo geradas para todo um mercado constituído por empresários, profissionais de consultoria e, principalmente, por prefeitos, governadores e gestores públicos que passaram a identificar nesses certificados uma espécie de “salvação da pátria”. Eles solucionariam todos os problemas dos seus lixões e ainda reforçariam os respectivos caixas com os futuros Créditos de Carbono gerados pelo biogás captado nos respectivos aterros sanitários.

E então, de forma crescente, começou uma espécie de “corrida do ouro”, insuflada principalmente por empresas e países da União Europeia, que passaram a procurar avidamente esses créditos, mas também a especular fortemente com eles como se fossem meramente mais um papel do mercado financeiro e não um instrumento criado e desenvolvido para viabilizar projetos auto-sustentáveis implementados em países em desenvolvimento.

É importante frisar que esse mercado é extremamente complexo, requer um alto nível de conhecimento técnico e vultosos investimentos financeiros. Os projetos que originaram o Mercado de Carbono devem ser geridos por empresas e profissionais sérios, profundamente engajados em sua auto-sustentabilidade, com formação e expertise específica na gestão de resíduos sólidos. Atualmente existem até escritórios de advocacia oferecendo projetos de gestão de aterros sanitários com captação de créditos através do biogás.

Denise de Mattos

Fonte: Adaptado de <http://www.via6.com/topico.php?tid=16569> (Acesso em: janeiro de 2008).



Atividade

Ao lermos os artigos, vemos um lado positivo, que é o aproveitamento energético do biogás, com conseqüente minimização dos impactos ambientais atmosféricos. Por outro lado, o crédito de carbono pode levar à especulação financeira e ser visto apenas como uma moeda de troca, não beneficiando o meio ambiente. Discuta com os demais colegas essas duas posições antagônicas e proponha uma saída para o problema dos créditos de carbono e biogás.

Atividades complementares à implantação

Há outras atividades que devem ser executadas para a implantação de um aterro sanitário. São elas:

Tratamento das fundações: os serviços de tratamento de fundação estão relacionados à eventual remoção de solos problemáticos, tais como argilas moles e **solos colapsáveis**, que podem comprometer a estabilidade do aterro sanitário e dificultar a execução das etapas subsequentes da terraplenagem.

Solos colapsáveis: solos não saturados com estrutura porosa, que, quando submetidos a acréscimos de tensão e/ou umidade, sofrem rearranjo brusco de sua estrutura com conseqüente redução de volume.

Abertura e melhoria de caminhos de serviço: no caso de terraplenagem, é necessária a abertura e melhoria de caminhos de serviços, visando garantir o acesso seguro dos equipamentos aos diversos cortes e aterros.

Desmatamento, destocamento e limpeza: após a locação da área e a marcação dos offset, o primeiro serviço a ser executado será o de desmatamento, destocamento e limpeza.

O serviço de desmatamento consiste na retirada de toda a vegetação existente. Após o desmatamento, é necessário o arrancamento dos tocos de árvores. A etapa de limpeza consiste na retirada de toda a camada de terra vegetal, de 50 cm de espessura em média, a qual é depositada em leiras nas proximidades da obra, para posterior reutilização.

Drenagem de nascentes: as formações hídricas naturais, como córregos, nascentes ou afloramentos do lençol freático, devem ser devidamente coletadas e canalizadas através de drenos de materiais granulares e/ou galerias, de maneira a conduzir tais contribuições para fora da área de implantação do aterro, restituindo-as aos cursos de água naturais.

Execução e compactação de aterros: as atividades de compactação em aterros sanitários envolvem a construção dos diques iniciais, caso o método de execução o exija, e a implantação do sistema de impermeabilização de base, caso o projeto utilize revestimentos minerais.

A execução das atividades de compactação no campo deve ser acompanhada de um rigoroso controle de qualidade, através do qual, a partir do acompanhamento do grau de compactação e dos desvios de umidade dos materiais compactados, as especificações de projeto possam ser aferidas.

As atividades de compactação seguem, normalmente, uma seqüência de etapas: espalhamento do material; correção do teor de umidade, caso seja necessária; compactação com o equipamento adequado; controle de compactação, com determinação da densidade e umidade da camada compactada e comparação com as especificações de projeto; aceitação ou rejeição da camada.



Bom, Profissional, chegamos ao final desta seção na qual relembramos os sistemas que compõem um aterro sanitário e os problemas que eles causam ao meio ambiente, à saúde coletiva e à sociedade, quando mal projetados ou inexistentes.

Agora, já conhecemos os elementos que compõem um aterro sanitário. Como devemos operá-lo no dia-a-dia? Que equipamentos individuais de proteção os funcionários de aterros devem usar? Essas e outras questões serão respondidas na seção seguinte.

OBJETIVOS:

- Apresentar alguns aspectos ligados à operação de aterros sanitários; Descrever e avaliar a operação de aterros sanitários dos profissionais em treinamento.

Operação

Uma vez implantado, o aterro começa a receber os resíduos. Nesse momento, inicia-se a nova etapa: operação. Para essa etapa, lembre-se de que é necessário obter a LO estudada no licenciamento ambiental.

A etapa de operação engloba a execução direta do aterro sanitário, incluindo o controle e a pesagem dos resíduos, a compactação dos mesmos, a execução dos sistemas de drenagem de águas pluviais, lixiviados e gases. Vamos iniciar esta seção, com a seguinte atividade coletiva.

Atividade



Descreva a operação do dia-a-dia no aterro em que você trabalha. Que tipos de resíduos são aterrados? Como são espalhados e compactados? Qual o método de execução (trincheira, superfície e de rampa)? Como é feita a cobertura intermediária e final? Qual é o horário de funcionamento, o controle de acesso de pessoas ao aterro, enfim, um dia de trabalho no aterro? Rascunhe uma planta de seu aterro, mostrando, por exemplo, a portaria, o escritório, o sistema de tratamento de lixiviados, a frente de operação, entre outros. Guarde suas respostas, pois, ao final desta seção, reavaliaremos a operação do aterro no qual você, Profissional, trabalha.

Retomamos os nossos estudos, sabendo que a operação do aterro é uma etapa fundamental para o sucesso do empreendimento, ou seja, para que a disposição dos resíduos seja feita com a minimização dos impactos ambientais e sanitários. A disposição segura e bem organizada dos resíduos distingue um aterro sanitário de uma disposição a céu aberto (lixão). Mesmo um aterro que tenha sido bem projetado e bem implantado terá sérios problemas ambientais se for mal operado. Por outro lado, boas técnicas de operação do aterro podem vir a compensar debilidades de locação do sítio ou de projeto. Dessa maneira, apresentam-se, a seguir, considerações relativas a alguns aspectos de operação de aterros sanitários.

Horário de funcionamento do aterro

Normalmente, o horário de operação de um aterro sanitário é condicionado pelo sistema de coleta de resíduos do município. No entanto, em alguns casos, é possível, ou necessário, que a coleta de resíduos seja adequada ao horário de funcionamento do aterro.

É desejável que o horário de encerramento de recebimento de resíduos seja inferior ao horário de funcionamento do aterro, para permitir que, após a chegada da última viagem de coleta, os resíduos sejam compactados e cobertos, bem como uma limpeza da frente de serviços e a prática de higiene pessoal dos funcionários antes do encerramento do expediente diário.

Da mesma forma, é desejável que o aterro inicie suas atividades antes da chegada dos veículos coletores. É necessário que os trabalhadores preparem os equipamentos e a área de trabalho onde os resíduos serão dispostos.

Identificação e pesagem de resíduos

A portaria, onde geralmente se faz o controle e a pesagem dos resíduos, representa a primeira fase da operação de um aterro sanitário e constitui o principal controle para:

- Detectar resíduos sólidos proibidos (resíduos no estado líquido, óleos e graxas, entre outros);
- Localizar irregularidades nos veículos;
- Direcionar os veículos para a área de descarga;
- Comunicar-se com o motorista;
- Registrar a entrada de veículos e pessoas.

Logo, é indispensável que os aterros sanitários possuam um sistema de pesagem, dado que se deve conhecer a quantidade de resíduos sólidos que entram no aterro, com a finalidade de estabelecer parâmetros de controle da operação, assim como para a determinação de tarifas e cobrança. Quando não há balanças no aterro, o funcionário encarregado de verificar a carga deve ser treinado para a determinação, mais precisa possível, do volume de resíduos nos veículos.

O funcionário da balança deverá registrar os dados de cada veículo (peso da tara, peso da carga), cobrar as taxas, emitir faturas ou recibos e documentos de pesagem. Quando não se conhece a tara do veículo, pode ser realizada a sua pesagem após a descarga dos resíduos e, posteriormente, cobrar as taxas.

Você sabia?

Com relação aos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), cuja fração já foi devidamente tratada (segundo orientações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA) e demais frações que não demandam tratamento, poderão ser enviados a locais especiais devidamente licenciados, por exemplo, a um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.

Isolamentos

O isolamento da área é fundamental para o bom andamento dos serviços. Toda a área do aterro deverá estar cercada, com o objetivo de limitar o espaço e impedir a entrada de animais e de catadores ao local. O tipo de cerca a ser utilizado depende das condições específicas do local onde está o aterro. Pode ser de arame farpado, ou de tela, que oferece uma proteção maior à entrada de pessoas e de animais terrestres.

No caso do Aterro Zona Norte de Porto Alegre (operado até 1999), a forma mais eficaz de isolamento da área foi a escavação de um canal de mais de 10 m de largura em redor de toda a área, para evitar a entrada de catadores e animais de fazendas vizinhas. A cerca de arame farpado, inicialmente colocada, além de, evidentemente, não evitar a entrada de catadores, ainda era sistematicamente retirada por habitantes das vilas vizinhas, o que permitia a entrada de animais (bovinos e eqüinos).

A construção de um cinturão verde, juntamente com outro tipo de cerca, também é uma forma de isolamento.

Escritório ou Administração

Constitui a base de controle e gerenciamento de todo o aterro. Entre as atividades realizadas pelo escritório cita-se o controle administrativo de todas as atividades do aterro, incluindo a contabilização das quantidades de resíduos dispostos, materiais utilizados, controle de pessoal e fornecimento de elementos para cálculo dos custos. É desejável que possua uma infra-estrutura mínima, incluindo recursos de informática, telefonia e de comunicação na área do aterro, incluindo sistema de rádio transreceptor.

Refeitório, vestiário e sanitários

Instalações apropriadas para as refeições, higiene pessoal e troca de roupa antes e após a realização dos trabalhos são fundamentais para o bom andamento dos serviços. Essas instalações se tornam ainda mais importantes quando o município está implantando, pela

primeira vez, um aterro sanitário, uma vez que, nos lixões, essas instalações são muito precárias, quando não inexistentes. O projeto dessas instalações deve seguir as recomendações do Ministério do Trabalho e do Órgão Ambiental.



Acesse o software: “Bacia Hidrográfica Virtual” e veja os equipamentos de proteção individual utilizados nos serviços realizados em um aterro sanitário. O objetivo é demonstrar a importância do uso desses equipamentos por TODOS os trabalhadores, EVITANDO riscos à sua própria saúde.

Galpões para o abrigo de veículos

A lubrificação, lavagem e pequenos reparos nos veículos e equipamentos podem ser realizados no próprio aterro. Por isso deve ser prevista a construção de um galpão apropriado, que deverá ainda servir como abrigo desses equipamentos nos períodos de inatividade.

Pátio de estocagem de materiais

Os materiais de consumo no aterro, como brita, tubos, canos, terra e meias-canais de concreto, deverão ficar convenientemente estocados em áreas especialmente reservadas para esse fim. A movimentação constante pode causar danos a esses materiais.

Acessos internos

Os acessos internos visam permitir interligação entre os diversos pontos do aterro. Esses acessos devem resistir ao trânsito de veículos mesmo em dias de chuva; por isso, devem estar sempre em perfeitas condições. Para mantê-las, pode-se utilizar saibro, brita ou até resíduos de construção civil.

Os acessos internos podem ser permanentes ou temporários: os primeiros duram toda a vida útil do aterro e devem receber um pavimento mais reforçado, sendo construídos com largura mínima de 8 m; os de uso temporário, que se ligam à frente de serviço para descarga dos resíduos no local adequado, mudam constantemente de lugar. Devem-se evitar gastos elevados nesses acessos. A largura mínima dos acessos temporários é de 6 m. Acessos para trânsito de veículos carregados devem ter inclinação longitudinal máxima de até 15%.



Iluminação

Nos aterros operados em tempo integral, isto é, nos períodos diurno e noturno, é indispensável a existência de um sistema de iluminação na portaria, nos acessos e, principalmente, na frente de operação. Essa medida visa garantir condições de operacionalidade e segurança tanto ao pessoal e aos equipamentos que atuam no aterro, quanto àqueles responsáveis pelo transporte de resíduos. A iluminação no interior do aterro, junto à frente de operação, deve ser facilmente transposta para outros locais na medida em que o aterro for avançando.

Execução das células

A execução das células propriamente ditas envolve uma série de procedimentos interdependentes que garantirão o controle ambiental e otimizarão a qualidade final do maciço de resíduos e a eficiência das várias atividades dessa operação.

As células iniciais do aterro deverão ser rigorosamente planejadas de maneira a evitar solicitações indevidas sobre o sistema de impermeabilização, em função das condições restritas de acesso e manobra, além da eventual interface com a implantação dos sistemas de drenagem de fundação.

Descarga dos resíduos

Para a operação de descarga, deve-se prever em projeto pátios de manobra com pavimentos adequados, compatíveis com as solicitações decorrentes do movimento de veículos pesados.

Isso se torna importante, principalmente para a operação de descarga dos veículos, que ocorre, geralmente, próximo à rampa da célula em execução. Tal operação costuma ocorrer durante todo o dia, em aterros que atendem a cidades de grande porte, demonstrando a necessidade de se prever um plano de manutenção adequado dessas áreas, uma vez que, se mal cuidados, podem trazer transtornos operacionais, principalmente no período de chuvas.



Fonte: SLU-BH/UFMG

Espalhamento

A cada duas ou três viagens descarregadas, os resíduos devem ser empurrados, de baixo para cima, e espalhados no talude da frente de disposição, com tratores de esteira. A inclinação do talude dessa frente é da ordem de 1V:3H. Esse espalhamento inicial visa constituir camada de espessura aproximadamente uniforme, dentro dos padrões ideais de eficiência de compactação dos equipamentos, e promover uma homogeneização dos resíduos.

Compactação

Para se conseguir uma boa compactação, deve o trator trabalhar de baixo para cima e realizar de três a cinco passadas sobre a camada de resíduos. Essa compactação deve ocorrer na inclinação indicada no item anterior e no sentido ascendente, proporcionando uma concentração de peso do equipamento na parte traseira do sistema de esteiras e reduzindo o volume dos resíduos de forma mais eficiente do que se o material fosse empurrado de cima para baixo.

As camadas não devem ser muito espessas de cada vez (30 cm a 50 cm), e a altura da célula deve ser de 2 a 3 metros para que seja propiciado um melhor aproveitamento do equipamento compactador. Em alguns projetos costumam-se empregar alturas de até 5 metros. No entanto, para se conseguir uma boa compactação com essa altura, muitas vezes, torna-se necessário empregar mais equipamentos ou exigir mais daqueles que estão sendo utilizados. A camada executada com uma altura de 5,0 metros tem a vantagem de reduzir o volume da camada de material de cobertura.

Cabe ressaltar que uma compactação bem realizada possibilita o tráfego imediato de veículos sobre o maciço.



Você sabia?

Os resíduos de serviço de saúde não podem ser compactados, para se evitar o rompimento dos sacos que os acondicionam, evitando uma possível contaminação dos profissionais que manuseiam esse tipo de resíduos nos aterros sanitários.

Cobrimento diário dos resíduos

À medida que as frentes de serviço avançam, procede-se ao cobrimento seqüencial contínuo do topo da célula de maneira a garantir o controle sanitário, evitando-se a exposição de resíduos.

Em grandes aterros, face à condição de disposição ininterrupta, decorrente da elevada demanda, as frentes de disposição, propriamente ditas, são seladas sempre que há a ocorrência de exposição da mesma por um período mais significativo, por exemplo, superior a 8 horas.

Um dos fatores importantes para a garantia desse controle é o fornecimento adequado de material inerte, geralmente terra, para tais serviços e o acesso à região de topo da célula. É comum em aterros de grande porte, geralmente em regiões metropolitanas, onde não há disponibilidade de solo, utilizarem-se resíduos de construção civil para a atividade de cobertura dos resíduos. Em aterros de menor porte, costuma-se efetuar a cobertura no final do dia.

Plano de inspeção e manutenção

O plano de inspeção e manutenção tem por objetivo a identificação e correção dos problemas de ordem funcional ou acidental que porventura ocorrerem. Para tanto, deverão ser efetuadas inspeções periódicas e sistemáticas. No texto a seguir, demonstram-se algumas rotinas de inspeção e manutenção.

Plano de inspeção e manutenção

Sistema de isolamento

A inspeção no sistema de isolamento tem por objetivo detectar problemas no cercamento da área, manutenção dos portões, verificação da ocorrência de pragas ou moléstias nas mudas da barreira vegetal. Deve ter a sua frequência de inspeção realizada semanalmente, devendo-se adotar como providência o reparo ou reposição de trechos de cerca e mourões, manutenção dos portões, combate imediato às pragas e moléstias da vegetação, adubação e irrigação.

Pátio de acesso e pesagem e área operacional

Neste item deve-se observar a correção dos acessos, limpeza da área, desobstrução do sistema de drenagem pluvial. Sua inspeção deve ser realizada semanalmente. Devem ser efetuados reparos nos acessos com reaterra-

mento e compactação de depressões, esgotamento de poças de água, varredura dos pátios e acessos, capina e limpeza das canaletas de drenagem pluvial.

Sistema viário

O plano de inspeção e manutenção do sistema viário visa detectar a ocorrência de erosão, buracos e empoçamento nos acessos. Sua frequência deve ser diária. Deve-se tomar como providências a execução de reparos, reaterramento com material especificado e compactação do leito dos acessos permanentes, esgotamento de poças, capina e desobstrução das canaletas de drenagem pluvial.

Sistema de tratamento de lixiviados

O plano para este item visa à detecção de problemas de mau funcionamento e vazamentos.

A inspeção deve ser efetuada diariamente, sendo efetuados eventuais reparos e substituições de conexões defeituosas, conserto de motores, limpeza do reservatório de bombeamento (semanal).

Sistema de monitoramento

Servirá para a detecção de danos ou mau funcionamento. Sua frequência deverá ser semanal. As providências a serem tomadas são reparos das caixas de alvenaria e proteções sanitárias, substituição das tampas dos poços e desobstrução de entupimentos.

Cobertura impermeabilizante final e re-composição do relevo

Este item tem o objetivo de detectar vazamentos de líquidos pela camada de cobertura final, ocorrência de erosão e funcionamento dos terraços ou bermas. Sua frequência deverá ser semanal. As providências a serem tomadas são a execução de reparos na camada de argila de cobertura final, recuperação das áreas erodidas com reaterro de solo fértil e replantio da vegetação (sempre após a ocorrência de chuva), reparos e reforços nos terraços ou bermas (sempre após a ocorrência de chuva).

Fonte: RECHEIRT, 2007.

Plano de emergência

Deverá ser elaborado um Plano de Emergência para o caso de acidentes, imprevistos e outras questões emergenciais que venham a ocorrer no aterro. Os coordenadores de emergência – que deverão estar devidamente identificados – deverão receber treinamentos específicos para cada uma das situações expostas nesse plano. Em caso de sinistro, deverão ser adotadas as medidas observadas nesses treinamentos, com o objetivo de combater a situação gerada. Os elementos que compõem o plano de emergência são apresentados a seguir.

- **Coordenadores de emergência:**
Com o objetivo de ter sempre pelo menos uma pessoa que coordene o plano de emergência no local, sugere-se treinar três coordenadores de emergência durante o período diurno e um no período noturno (quando houver), atuando em ordem hierárquica dentro do aterro. Para a ocupação desse cargo, sugere-se o engenheiro responsável técnico, o chefe do aterro e o encarregado geral.

A seguir apresenta-se o modelo de lista dos coordenadores de emergência, que deverá estar atualizada no aterro sanitário. As informações dessa lista deverão estar permanentemente atualizadas e em local visível e de conhecimento de todos no aterro, de modo que essas pessoas possam ser localizadas em caso de qualquer emergência. Os dados são os seguintes: nome, especialização, telefones de contato e endereço.

- Órgãos públicos de emergência

Dependendo do sinistro e de acordo com o coordenador de emergência, os seguintes órgãos podem ser contatados em caso de emergência no aterro (no plano específico do aterro, colocar telefones, celulares, nome de pessoa de contato, etc.): corpo de bombeiros, defesa civil, polícia militar, pronto socorro ou hospital mais próximo, secretaria municipal de meio ambiente, órgão estadual de controle ambiental, demais secretarias da prefeitura municipal.

- Procedimentos de emergência

As situações de emergência que podem acontecer na implantação e na operação de aterros sanitários são as seguintes:

- Incêndios;
- Explosões;
- Vazamentos de lixiviados;
- Vazamentos de gases;
- Ruptura ou rompimento de taludes;
- Tombamento e colisão de veículos ou equipamentos.

Para cada uma dessas situações, o plano de emergência deverá descrever os procedimentos que orientam as atitudes que devem ser tomadas em curto prazo para minimizar os impactos e retomar o controle da obra.

Em todos os acidentes com lesões corporais, deve-se verificar a gravidade deles, efetuando os procedimentos de primeiros socorros e, em seguida, encaminhando o trabalhador ao serviço médico. Em todos os casos, os acidentes devem ser devidamente registrados no Diário de Obra do Aterro Sanitário.

Para finalizar, Profissional, vamos assistir a um vídeo no qual é mostrada a operação de um aterro. Em seguida, faremos uma avaliação da operação do aterro onde você trabalha, que foi feita no início desta seção.



Atividade



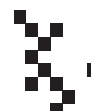
Agora que já conhecemos um pouco mais sobre operação em aterros sanitários, como você avalia, em termos operacionais, o aterro onde você trabalha, relatado no início desta seção? Utilize a tabela a seguir, que poderá auxiliar essa avaliação, e depois proponha soluções para melhorar a operação no aterro em que você atua.

A tabela pode não conter todos os itens a serem avaliados, portanto ela deve ser usada como referência.

Índice de qualidade de aterros sanitários - IQR			
Condições operacionais			
Item	Avaliação	Peso	Valor
Isolamento visual da vizinhança	Bom	4	
	Ruim	0	
Portaria/balança	Sim	2	
	Não	0	
Cercamento da área	Sim	2	
	Não	0	
Equipamentos	Adequados	2	
	Não adequados	1	
	Inexistentes	0	
Vias de acesso	Adequadas	2	
	Não adequadas	0	
Acesso à frente de trabalho	Bom	3	
	Ruim	0	
Controle do recebimento de resíduos	Sim	3	
	Não	1	
Ocorrência de resíduos descobertos	Sim	0	
	Não	4	
Presença de urubus e gaivotas	Sim	0	
	Não	1	
Presença de moscas em grande quantidade	Sim	0	
	Não	2	
Presença de catadores	Sim	0	
	Não	3	
Funcionamento do sistema de drenagem pluvial	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de drenagem de lixiviados	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	

Índice de qualidade de aterros sanitários - IQR			
Condições operacionais			
Item	Avaliação	Peso	Valor
Funcionamento do sistema de drenagem de gases	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de tratamento de lixiviado	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de tratamento de gases	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Plano de emergência	Presença	3	
	Ausência	0	
Iluminação	Bom	2	
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Total			

Esta atividade se encontra disponível no software “Bacia Hidrográfica Virtual”.



Qualifique o item e, em seguida, atribua a ele uma nota de 0 a 10. Multiplique o peso pela nota, some todos os valores e divida pelo total de itens avaliados. Ao final, obtém-se o IQR, sendo que:

- $0 < \text{IQR} \leq 6$ – aterro em condições inadequadas;
- $6 < \text{IQR} \leq 8$ – aterro em condições controladas;
- $8 < \text{IQR} \leq 10$ – aterro em condições adequadas.

.....

.....

.....

.....

OBJETIVOS:

- Apresentar e discutir formas de monitoramento de aterros sanitários; Discutir como o monitoramento minimiza os impactos negativos da operação de um aterro sanitário.

Monitoramento

Uma vez em operação, os aterros sanitários devem ser continuamente monitorados. A etapa do monitoramento inicia-se na implantação, quando os materiais que compõem os sistemas devem estar em perfeitas condições de funcionamento e adequados tecnicamente, e termina muitos anos depois de encerradas as atividades de um aterro.

Dessa maneira, os aterros sanitários se configuram como um tipo de empreendimento com grandes impactos ambientais potenciais. Nesse sentido, a disposição de RSU sem o devido controle pode gerar impactos ambientais e sociais significativos, principalmente em relação à poluição do solo, do ar e de recursos hídricos.

A concepção e a operação adequadas dessas instalações, assim como a adoção de procedimentos de mitigação dos possíveis impactos que podem ser gerados, resultam na minimização desse potencial de comprometimento ambiental. Assim sendo, é indispensável a existência de um programa de monitoramento permanente, sistemático e abrangente das diversas instalações que compõem um sistema de disposição de RSU.

Os objetivos de um programa de monitoramento são: acompanhamento do comportamento geomecânico e do desempenho ambiental do aterro – de forma a permitir a identificação, em tempo hábil, de alterações no padrão de comportamento previsto, quando da definição dos critérios e elaboração dos projetos – e a proposição de medidas preventivas e corretivas, orientando os trabalhos de conservação e manutenção.

Antes de prosseguirmos, realizaremos uma atividade na qual você, Profissional, apontará e discutirá a importância do monitoramento de cada um dos itens listados na atividade.

Atividade



Itens	Por quê?	Como?	Onde?
Qualidade das águas subterrâneas			
Pressões nos líquidos e gases no interior das células de resíduos			
Qualidade do ar			
Inspeções de campo			
Líquidos lixiviados			
Recalques superficiais			
Pressão sonora			
Qualidade das águas superficiais			
Controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados			

Como já comentado, há dois tipos de monitoramento: o ambiental e o geotécnico. O monitoramento ambiental objetiva verificar se as obras de drenagem e impermeabilização cumprem com a função de isolar o entorno do aterro dos resíduos e efluentes com potencial poluidor. O veículo da dispersão dos poluentes por excelência é a água. Portanto, excluir a possibilidade do contato das águas de superfície e do lençol freático com resíduos sólidos, lixiviados e biogás é a função primordial dos trabalhos de engenharia.

Já o monitoramento geotécnico de aterros sanitários é uma importante ferramenta que permite a contínua avaliação das condições de segurança deles, além de possibilitar a contínua estimativa da vida útil dos aterros sanitários, já que os RSU são materiais altamente deformáveis.

No monitoramento ambiental, os seguintes elementos são monitorados:

- **Qualidade das águas subterrâneas**

- **Objetivo:** avaliar a eficiência dos sistemas de impermeabilização e drenagem de lixiviados e detectar alterações na qualidade da água subterrânea.
- **Por quê?** Preservar os mananciais de águas subterrâneas.
- **Como?** Análise em laboratório de amostras de água coletada em poços.
- **Onde?** Poços a montante e jusante do aterro em relação ao fluxo subterrâneo – NBR 15495-1 (ABNT, 2007).

- **Qualidade das águas superficiais**

- **Objetivo:** avaliar alterações nos cursos de água da região onde se localiza o aterro e avaliar a contaminação de águas pluviais.
- **Por quê?** Preservar os mananciais de águas superficiais.
- **Como?** Análise em laboratório de amostras de água coletadas em pontos do sistema de drenagem pluvial.
- **Onde?** Pontos do sistema de drenagem pluvial, tais como canais, tanques ou lagoas de acumulação de água pluviais drenadas.

- **Qualidade do ar**

- **Objetivo:** monitorar a qualidade do ar no entorno do aterro sanitário.
- **Por quê?** Preservar a qualidade do ar e evitar doenças, como as respiratórias.
- **Como?** Equipamentos de avaliação da qualidade do ar (HI-VOL e o PM 10) – NBR 13412 (ABNT, 1995) e NBR 9547 (ABNT, 1997).
- **Onde?** Localização dos pontos de amostragem na direção preferencial dos ventos.



Fonte: SLUBH.



Fonte: SLUBH.

Você sabia?

Para o controle das emissões atmosféricas (poeiras e carreamento de resíduos sólidos), decorrentes do transporte do resíduo coletado até o aterro sanitário, deve-se prever a aspersão de água nas vias internas e externas não pavimentadas nos períodos secos do ano, no sentido de se evitar a formação de poeiras. Pode-se prever, também, a instalação de cercas provisórias, construídas com tela tipo mosquiteiro, para impedir o arraste de resíduos pelo vento, que proporciona um aspecto desagradável à área do aterro.

• Poluição sonora, ruídos ou pressão sonora

- **Objetivo:** monitorar os níveis de ruídos gerados em um aterro sanitário.
- **Por quê?** Controlar os níveis de ruídos, evitando efeitos negativos sobre os seres humanos, como perda da capacidade de trabalho, nervosismo, irritabilidade, estresse, interferência na conversão verbal, alterações circulatórias, digestivas e até perda gradativa na audição.
- **Como?** Devem ser considerados os abatimentos dos ruídos provocados de acordo com a NBR 12179 (NB 101) (ABNT, 1992), observando que os ruídos não poderão exceder os limites fixados pela Norma NBR 10152 (ABNT, 1987) e conforme Resolução do CONAMA N° 01 de 08/03/90.
- **Onde?** Em todo o aterro sanitário e imediações.

• Líquidos lixiviados

- **Objetivo:** monitorar a qualidade e quantidade de lixiviados gerados no aterro sanitário.
- **Por quê?** Avaliar a eficiência do sistema de tratamento e atender aos padrões de lançamento em corpos de água.
- **Como?** Através de análises laboratoriais de diversos parâmetros, como DBO, DQO, sólidos, metais pesados, entre outros – CONAMA N° 357 de 2005.
- **Onde?** Na entrada e na saída do sistema de tratamento.

- **Gases**

- **Objetivo:** monitorar a qualidade e quantidade de gases gerados no aterro sanitário.
- **Por quê?** Acompanhar as fases de degradação e grau de estabilização dos resíduos, bem como seu potencial energético.

No monitoramento geotécnico, os seguintes elementos devem ser monitorados:

- **Recalques superficiais**

- **Objetivo:** monitorar os deslocamentos verticais e horizontais do aterro sanitário.
- **Por quê?** Permitir uma avaliação contínua da vida útil do aterro e fornecer elementos para a avaliação da estabilidade dos taludes do aterro, evitando acidentes, como desmoronamento.
- **Como?** Por meio do registro topográfico das posições de medidores de recalque e marcos superficiais.
- **Onde?** Nas superfícies dos taludes, bermas e topo do aterro.

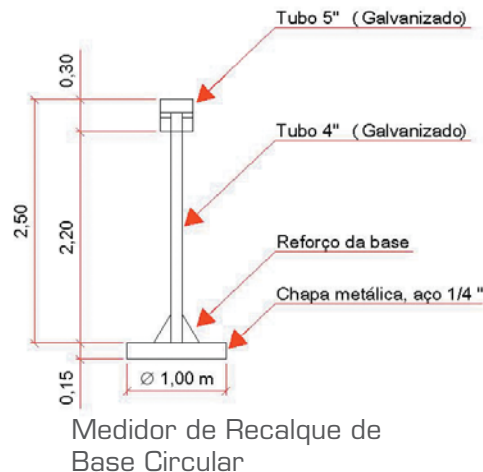
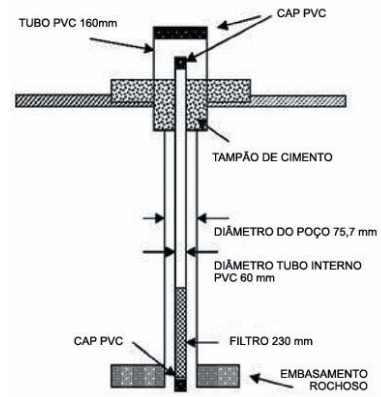


Foto: SU-81

- **Pressões nos líquidos e gases no interior das células de resíduos**

- **Objetivo:** monitorar o nível de líquidos e as pressões nos gases.
- **Por quê?** Fornecer elementos para a avaliação da estabilidade dos taludes do aterro, evitando acidentes como desmoronamentos.
- **Como?** Por meio de piezômetros.
- **Onde?** No interior do maciço de aterro.



- **Inspecões de campo**

- **Objetivo:** avaliar o desempenho dos elementos do aterro sanitário.
- **Por quê?** Assegurar o funcionamento adequado dos elementos de projeto implantados.
- **Como?** Por meio de observações que visem detectar trincas, focos erosivos, vazamento de lixiviados, entre outros.
- **Onde?** Em todo o aterro e imediações.

- **Controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados**

- **Objetivo:** avaliar a qualidade dos materiais utilizados nos diversos sistemas de um aterro.
- **Por quê?** Garantir que os elementos de projeto tenham sido devidamente implantados, dentro das especificações previstas.
- **Como?** Por meio de controles tecnológicos dos materiais e de ensaios de laboratório e de campo.
- **Onde?** Em todo o aterro.

Para compreendermos melhor os monitoramentos – ambiental e geotécnico –, vamos assistir a um vídeo no qual o monitoramento é realizado.



Assim, encerramos mais uma seção em que se discutiu como é realizado o monitoramento de um aterro sanitário. Esse monitoramento continuará, mesmo após o encerramento das atividades do aterro, que continua a apresentar recalques horizontais e verticais e a gerar lixiviados e gases, devido às reações bioquímicas do material orgânico que o constituem, em razão da continuidade do processo de degradação, como comentado no início desta seção. Essas alterações que se processam no maciço do aterro exigem a sua conservação e manutenções sistemáticas para evitar a formação e o desenvolvimento dos processos negativos da degradação.

Por fim, vamos reavaliar o exercício que abre esta seção e esclarecer eventuais dúvidas que possam ter restado.

OBJETIVOS:

- Apresentar a etapa de encerramento de aterro sanitário;
- Discutir e trabalhar alternativas para a utilização futura das áreas que foram usadas como aterro sanitário.

Encerramento

Os aterros sanitários devem possuir uma vida útil em torno de 20 a 25 anos. Após esse tempo, eles precisam ser encerrados, e um novo processo de busca de novas áreas, licenciamento ambiental, projeto, implantação, operação e monitoramento ocorrem. Antes de continuarmos a explorar esta seção, realize coletivamente a atividade a seguir.



Atividade

Avalie a possibilidade de uso futuro para estes três perfis de aterros já encerrados:



.....

.....

.....

.....

Se uma área for usada para agricultura, quais critérios devem estar presentes no projeto executivo de um aterro?

Quais usos para aterros encerrados não são recomendáveis? Por quê?

Discuta suas respostas e guarde-as para posterior reavaliação no final desta seção.

Dando sequência aos nossos estudos, geralmente, em projetos de aterros sanitários, prevê-se um plano de atividades a serem executadas no intuito de minimizar os possíveis impactos remanescentes e a manutenção da área, após o encerramento das atividades de disposição.

De acordo com as recomendações da NBR 13896 (ABNT, 1997), por ocasião do encerramento das atividades de operação do aterro sanitário, devem ser tomadas medidas de forma a:

- minimizar a necessidade de manutenção futura;
- minimizar ou evitar liberação de líquidos lixiviados e/ou gases para as águas subterrâneas, para os corpos de água superficiais ou para a atmosfera.

Ainda segundo a ABNT, no plano de encerramento do aterro sanitário, devem constar:

- métodos e etapas a serem seguidas no fechamento total ou parcial do aterro;
- projeto e construção da camada de cobertura final, de forma a minimizar a infiltração de água nas células, exigir pouca manutenção, resistir a erosões, acomodar recalques sem ruptura;

- a data aproximada para o início das atividades de encerramento;
- uma estimativa dos tipos e da quantidade de resíduos que devem estar presentes no aterro quando encerrado;
- usos programados para a área do aterro após o seu encerramento;
- monitoramento ambiental e geotécnico após o término das operações;
- atividades de manutenção da área.

Entre as possíveis atividades a serem previstas no plano de manutenção, deve-se observar quais vias permanentes continuarão a ser utilizadas. Essas vias deverão ser mantidas em bom estado de conservação, assim como a sua drenagem pluvial.

A manutenção do maciço de resíduos deve constar de um monitoramento de forma a identificar possíveis migrações de líquidos lixiviados e gases. A execução da camada de cobertura final deve evitar esses vazamentos.

O monitoramento do sistema de tratamento de lixiviados deve ser mantido enquanto for observada a sua geração.

Caso a área continue isolada, deve-se também prever um plano de acompanhamento da manutenção da cerca de isolamento. A manutenção da vegetação também deve ser observada, uma vez que, se a vegetação não for podada, a probabilidade de ocorrerem incêndios é grande.

A seguir são listados alguns possíveis usos futuros da área do aterro sanitário:

- agricultura (solo arável, pastagem);
- paisagismo (espaço aberto, zonas de transição);
- recreação (parques, praças, complexo esportivos, trilhas, campos de golfe).



Entre as principais restrições à ocupação de áreas que foram aterros sanitários, mesmo após vários anos do seu fechamento, citam-se:

- baixa capacidade de carga;
- recalques significativos (especialmente os recalques diferenciais);
- presença de gases combustíveis e potencialmente explosivos;
- corrosividade do concreto e do aço aos produtos da decomposição dos resíduos, e a variada composição bioquímica do interior do aterro.

O texto a seguir explora melhor alguns dos usos dados a aterros sanitários, suas vantagens e desvantagens.

Espaços abertos e recreação

São, sem dúvida, a que parece ser a forma mais indicada de uso futuro de sítios de aterros sanitários. Os tipos de usos podem ser para a prática de esportes locais (como campos de futebol), ao passo que parques e espaços mais abertos poderão ser de interesse de um número maior de pessoas, e uma área verde, com trabalho paisagístico de implantação de gramados, arbustos e árvores, pode trazer benefícios para a comunidade. Adicionalmente, esse tipo de uso não implica a construção de grandes estruturas no local, apenas pequenas e leves construções, como prédios administrativos e sanitários públicos.

Estas pequenas construções devem ser, no entanto, construídas de modo a evitar o acúmulo de biogás na base ou no interior das mesmas e devem resistir aos recalques diferenciais.

Agricultura

Aterros concluídos podem ser utilizados para pastagens ou plantações (de grãos, frutíferas, lenhosas, viveiros de mudas, etc.). Em ambos os casos, a camada de cobertura deve ter espessura suficiente de modo a garantir que as

raízes não entrem em contato com resíduos dispostos. Na realidade, sugere-se que as raízes cheguem, no máximo, até a camada de argila da cobertura final (para isso faz-se necessária a colocação de uma camada mais espessa de solo nos locais do aterro onde se pretende fazer a plantação). Este contato das raízes seria um fator limitante ao crescimento dos vegetais, mas também seria uma via de introdução de substâncias nocivas na cadeia alimentar e no meio ambiente. Outro aspecto negativo seria um aumento da infiltração de água da chuva (e fuga de biogás) pela camada superior, devido aos caminhos preferenciais causados pelo enraizamento. Exemplos de profundidades de raízes são:

- Gramíneas – 0,3 m ou mais para algumas espécies;
- Cereais – até um 1 m;
- Hortigranjeiros de raiz (tubérculos) – acima de 1 m;
- Árvores com sistema radicular radial – 1 a 2 m;
- Árvores com sistema radicular axial ou pivotante – até 4 m.

Desenvolvimento urbano

Por outro lado, o uso de aterros sanitários encerrados como locais para construção e, particularmente, para o desenvolvimento urbano de maneira geral, deveria ser desencorajado devido às muitas e severas restrições. Estas incluem prováveis movimentos de gases, corrosão do concreto, baixa capacidade de carga e recalques diferenciais associados à construção e utilização das estruturas implantadas sobre o aterro. Em nossas cidades, devido à

pressão imobiliária, e proximidade de aterros antigos (muitos deles que foram dispostos a céu aberto) com os centros urbanos, muitos desses locais foram utilizados para implantação de prédios comerciais ou mesmo prédios de apartamentos, como aconteceu em Porto Alegre, no final da década de 1980. Quando se construírem habitações ou outras estruturas em um aterro encerrado, o único recurso será adotar medidas extremas de precaução para amenizar ou eliminar os efeitos nocivos.

Fonte: RECHERT, 2007.



Atividade

Qual o uso futuro a ser dado ao aterro de seu município? Por quê? Caso ainda não tenha pensado nisso, qual uso seria mais apropriado ao seu aterro, levando em conta questões sociais, ambientais, econômicas e de sustentabilidade? Discuta as respostas com seus colegas.

Bom, Profissional, chegamos ao final desta seção. Volte à atividade proposta no início da seção e a reavalie com base na sua experiência e no que estudamos.

Concluimos, então, o segundo conceito-chave, no qual foram vistas todas as etapas que constituem o ciclo de vida de um aterro, desde a seleção de área até o encerramento. Nesse percurso, vimos que algumas áreas não podem ser usadas para se implantar um aterro sanitário. Estudamos e dimensionamos alguns sistemas que o compõem, como o sistema de impermeabilização de base. Avaliamos a operação da disposição final dos resíduos sólidos de seu município e aprofundamos nossos conhecimentos no monitoramento desses empreendimentos ambientais.

Reavaliando os conhecimentos

OBJETIVOS:

- Reelaborar o exercício proposto no início da atividade de capacitação;
- Comparar e analisar os dois exercícios (inicial e final).

Atividade



Por fim, Profissional, esperamos que todo o conhecimento que trocamos tenha contribuído para o seu aperfeiçoamento pessoal e profissional. Assim, como nossa última atividade, vamos refazer o exercício proposto no início deste guia e avaliar criticamente as mudanças ocorridas no que conhecemos sobre aterros sanitários entre o início e fim desta oficina.

Unidades de Conversão

Unidade de comprimento

Metro (m)

1 m = 100 cm = 1000 mm

1 km = 1000 m

Unidade de massa

Miligrama (mg)

Grama (g)

Kilograma (kg)

Toneladas (t)

1 kg = 1000 g

1 t = 1000 kg = 106 g = 109 mg

1 g = 1000 mg

Unidade de tempo

Segundo (s)

Minuto (min)

Hora (h)

Dia (d)

1 h = 60 min = 3600 s

Unidade de área

Metro quadro (m²)

Hectare (ha)

1 m² = 104 cm²

1 ha = 10 000 m²

Unidade de velocidade

(m/s)

(km/h)

(cm/s)

Unidade de vazão

(m³/s)

(m³/d)

(L/s)

Unidade de volume

Metro cúbico (m³)

Litro (L)

1 m³ = 106 cm³ = 1000 L

1 L = 10³ cm³ = 10⁻³ m³

Unidade de geração de resíduos

(kg/d)

Geração per capita (kg/hab.dia)

Unidade populacional

Habitantes (hab)

Unidade de taxas

Crescimento por ano (% a.a)

Taxa de aplicação volumétrica (kg DBO/m³ d)

Taxa de aplicação superficial (kg DBO/ha d)

Unidade de concentração

(mg/L)

Unidade de carga

(kg DBO/d)

Referências Bibliográficas

Publicações

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo – Análise granulométrica: NBR-7181. Rio de Janeiro, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo – Determinação do limite de liquidez: NBR-6459. Rio de Janeiro, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo – Determinação do limite de plasticidade: NBR-7180. Rio de Janeiro, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1985. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419. Rio de Janeiro: ABNT, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1987. Níveis de ruído para conforto acústico: NBR-10152. Rio de Janeiro: ABNT 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419. Rio de Janeiro, 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992. Tratamento acústico em recintos fechados: NBR-12179. Rio de Janeiro: ABNT 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1995. Material particulado em suspensão na atmosfera – Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas: NBR-13412. Rio de Janeiro, 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997. Aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação – Procedimento: NBR-13896. Rio de Janeiro, 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997. Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume: NBR-9547. Rio de Janeiro, 14p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. Amostragem de resíduos sólidos: NBR-10007. Rio de Janeiro: ABNT, 21p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos: NBR-10006. Rio de Janeiro: ABNT, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. Resíduos sólidos – classificação: NBR-10004. Rio de Janeiro: ABNT 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2007. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção: NBR-15495-1. Rio de Janeiro, 25p.

Castilhos Jr., A.B.; Medeiros, P.A.; Firta, I.N.; Lupatini, G.; Silva, J.D. 2003. Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ATERRO SUSTENTÁVEL PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RiMA, 2003, 280p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT; COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE , 2000. 370p.

Lange, L.C.; Simões, G.F.; Ferreira C.A.F. 2003. Aterro Sustentável: Um Estudo para a Cidade de Catas Altas, MG. In: RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ATERRO SUSTENTÁVEL PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RiMA, 2003, 280p.

Lange, L.C.; et al. 2006. Processos Construtivos de Aterros Sanitários: Ênfase no Estudo de Camadas de Cobertura como Mecanismo de Controle da Geração de Lixiviados. In: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM ÊNFASE NA PROTEÇÃO DE CORPOS D'ÁGUA: PREVENÇÃO, GERAÇÃO E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2006, 475.

Reichert, G.A. 1999. A vermicompostagem aplicada ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Porto Alegre: UFRS – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 137p. Dissertação (Mestrado).

Reichert, G.A. 2007. Manual. Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários.

RESOLUÇÃO Nº 01 DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 1990. Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais. DOU, pág.: 6480.

RESOLUÇÃO Nº 357 DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU, pág.: 58–63.

Rocca, A.C. et al. 1993. Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo: CETESB, 233p.

RHODIA. 1991. Manual Técnico geotêxtil bidim. São Paulo: Rhodia, 1991.

Sites Consultados

http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt (Acesso em: fevereiro de 2008).

<http://www.geotecnia.ufjf.br/MECSOL/teoria/CAP06-SIST-CLASSIF.pdf> (Acesso em: fevereiro de 2008).

http://www.geotecnia.ufjf.br/MECSOL/T11_limite_de_liquidez.htm (Acesso em: fevereiro de 2008).

<http://www.pattrol.com.br/equipamentos/compacta.html> (Acesso em: fevereiro de 2008).

http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/ha-02-escoamento_em_meios_porosos.pdf (Acesso em: fevereiro de 2008).

www.uol.com.br (Acesso em: fevereiro de 2008).

Créditos das figuras desse guia

http://farm3.static.flickr.com/2120/2231089022_ca804c205a.jpg?v=0

<http://www.biojornal.blogger.com.br/lixo-hospitalar.jpg>

www.naturlink.pt

http://farm1.static.flickr.com/120/291743014_c25b16c4f7.jpg?v=0

<http://www.repare.org.br/images/solvente.jpg>

<http://ogargantadefogo.org/wp-content/uploads/2007/12/pet.jpg>

http://www.callonimodels.com/tecnicas/tec_ferra/bisturi1.jpg
http://farm3.static.flickr.com/2285/2269391898_bd2a33c04b.jpg?v=0
http://blog.agraupe.com/up/a/ag/blog.agraupe.com/img/agraupe_shell.JPG
<http://paginas.terra.com.br/servicos/100sal/arquivos/boxes.jpg>
<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/foto/0,,11580547,00.jpg>
http://farm1.static.flickr.com/227/510135652_2a6d1dc28e.jpg?v=0
http://farm1.static.flickr.com/119/293935963_517044e25b.jpg?v=0
<http://www.jardicentro.pt/itens/ambientar/compostagem/incorpracao%20areia.jpg>
http://farm2.static.flickr.com/1334/533618066_bee39a931b.jpg?v=0
http://farm3.static.flickr.com/2120/2231089022_ca804c205a.jpg?v=0
http://farm2.static.flickr.com/1365/1383684132_b126f7c0f4.jpg?v=0
http://farm1.static.flickr.com/174/396023959_d2720c1af5.jpg?v=0
http://www.chapadaodoceu.go.gov.br/premioCREA2006/index_image028.jpg
http://www.trindade.go.gov.br/sistema/noticia_new/admin/upload_imagens/aterro.jpg
http://www.agenciadanoticia.com.br/fotos/26102006_aterro.jpg
http://farm3.static.flickr.com/2410/2159998066_ee38fa51eb.jpg?v=0
http://farm3.static.flickr.com/2342/2178628671_9c02638c35.jpg?v=0
<http://www.guarapuava.pr.gov.br/noticiaimagem/terrenopietrobem.jpg>
http://farm3.static.flickr.com/2047/2144956904_23962abae1.jpg?v=0
http://img313.imageshack.us/img313/8783/Imagem045_2.jpg
http://www.revistaecosistemas.net/admin/Archivos/Imagenes/editor/XVI_1/Climent_fig2.jpg
http://farm3.static.flickr.com/2145/1564576913_836f804684.jpg?v=0
http://farm3.static.flickr.com/2014/2188394204_d45dd3260d.jpg?v=0
http://img.quebarato.com.br/photos/big/8/D/3068D_1.jpg
<http://www.construtorainternorth.com.br/images/fotos/digitalizar0021.jpg>
http://farm1.static.flickr.com/42/76653515_a175231c4b.jpg?v=0
http://www.machadinho.com.br/_img/monitoramento8.jpg
http://www.machadinho.com.br/_img/monitoramento9.jpg