



Figura 49: Cobertura vegetal composta por gramíneas e poucas espécies arbóreas, aterro sanitário de Uberlândia.

Fonte: A autora, 2009.

O aterro de Uberlândia utilizou uma área externa como jazida de material utilizado para cobertura diária dos resíduos. Essa área vem sendo reconstituída com a utilização de resíduos inertes de construção civil para reconformação do relevo.

Anomalias como erosões são corrigidas assim que percebidas através do preenchimento com terra e plantio de grama. Como parte de um programa de educação ambiental, são realizadas visitas educativas por alunos de escolas do município, com o objetivo de alertar para problema da geração de resíduos sólidos e apresentar de que maneira esses resíduos são dispostos após sua eliminação.

Apesar do aterro de Uberlândia, ao contrário dos demais visitados, estar ainda em operação, foi importante realizar a visita utilizando as observações feitas anteriormente e pensando nas propostas para essa área que dentro de alguns meses será desativada. Existe um projeto da prefeitura de Uberlândia de utilização dessa área para lazer, porém para que isso ocorra é necessário que os resíduos estejam estabilizados e que seja feito o monitoramento adequado mesmo após o encerramento.

3.2 – PROPOSTAS PARA UM MANUAL TÉCNICO DE MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS PARA ATERROS SANITÁRIOS ENCERRADOS

Nesse trabalho de dissertação de mestrado são propostos 5 programas de ações a serem implementadas na fase pós-encerramento em aterros sanitários com o objetivo de compor o **Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados**.

A ABNT/NBR 13.896/97 - Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação, coloca como objetivos de um plano de encerramento de aterros de resíduos as seguintes medidas:

- Minimizar a necessidade de manutenção futura
- Minimizar ou evitar a liberação de líquido percolado contaminado e/ou gases para o lençol de águas subterrâneas, para os corpos d'água superficiais ou para a atmosfera.

Considerando as medidas propostas pelas normas vigentes e os problemas comuns existentes nos aterros encerrados, foram elaborados os programas que devem compor o manual:

- **Programa de Adequação Ambiental** - é composto por cinco ações referentes à prevenção, recuperação e medidas mitigadoras para a área do aterro, área de empréstimo e áreas do entorno. São elas:
 - o Recobrimento final do aterro sanitário
 - o Recuperação de áreas de empréstimo
 - o Reconstituição da cobertura vegetal no entorno
 - o Implantação de cortina vegetal
 - o Implantação da cobertura vegetal no aterro
- **Programa de Inspeção, Monitoramento e Ações Emergenciais** - contempla as ações de caráter prático, as quais incluem as inspeções periódicas e o monitoramento necessários para identificar áreas afetadas por problemas que podem concorrer para a instabilização do aterro e/ou contaminação do solo e das

águas (superficiais e subterrâneas). Deverão compor esse programa as seguintes ações:

- o Inspeção de recalque no aterro
- o Inspeção de fissuramento da cobertura final do aterro
- o Inspeção de feições erosivas
- o Monitoramento da qualidade das águas superficial e subterrânea
- o Monitoramento da cobertura vegetal implantada
- o Monitoramento da fauna
- o Monitoramento de emissões atmosféricas e qualidade do ar
- o Monitoramento de gases e líquidos percolados
- o Formalização da inspeção e monitoramento

O monitoramento geotécnico do aterro, que deve ser continuado após o encerramento, não se difere muito do monitoramento executado durante a fase de operação. Através dele é feito o controle dos deslocamentos verticais e horizontais e do nível de pressões exercidas pelos percolados e gases no interior das células de resíduos, o que permite avaliar as condições de estabilidade do aterro.

O monitoramento ambiental também deve fazer parte do plano de encerramento de aterros sanitários. Nele devem ser avaliadas a qualidade ambiental do solo, das águas superficiais e subterrâneas e do ar, verificando possíveis contaminações ocorrentes em função das operações no aterro, além do monitoramento da fauna e cobertura vegetal implantada. Para avaliação da qualidade das águas subterrâneas podem ser adotados, como referência, os Valores Orientadores para Água Subterrânea no Estado de São Paulo, propostos pela CETESB (ver em Anexo A) visto que, para estes componentes do meio físico, não existem padrões normativos em nível nacional. Por outro lado, a qualidade da água superficial é contemplada na Resolução CONAMA 357/2005 (que veio substituir a Resolução CONAMA 020/1986). Os Valores Orientadores são concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a condição de qualidade de solo e de água subterrânea e são utilizados como instrumentos para prevenção e controle da contaminação e gerenciamento de áreas contaminadas sob investigação (CETESB, 2005). Esses valores são obtidos com base na Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas da CETESB, que abrange os principais Sistemas Aquíferos do Estado de São Paulo.

Com relação às inspeções, estas integram um conjunto de procedimentos da maior importância que tem por objetivo garantir a segurança e qualidade ambiental do aterro pós-encerramento. Por isso, para sua formalização foram elaboradas fichas de inspeção adaptadas do Manual de Preenchimento de Fichas de Inspeção de Barragens, elaborado pelo Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica (2004). O objetivo dessas fichas é guiar o profissional no sentido de possibilitar uma melhor avaliação dos problemas constatados nas inspeções visuais de aterros sanitários, com resultado eficiente e imediato.

Situações que apresentam riscos à estabilidade do aterro, ao meio ambiente e às pessoas, são diagnosticadas através das fichas de inspeção, portanto foram desenvolvidas propostas para inspeções e ações emergenciais. Esta etapa do monitoramento pós-encerramento também faz parte do **Programa de Inspeção, Monitoramento e Ações Emergenciais** e será composta por:

- o Procedimentos e instrumentação para inspeções
 - Frequência das inspeções
 - Inspeção dos taludes do aterro
 - Inspeção do topo do aterro
 - o Ações emergenciais
 - Fissuras de tração no talude e na borda superior do maciço do aterro sanitário
 - Movimentação do maciço do aterro sanitário com deslocamento (ruptura) detectada visualmente ou por meio de instrumentos
 - Saída de percolados em qualquer ponto do talude de jusante
 - Nível de percolados acima do nível crítico
 - Precipitações pluviométricas superiores a 30 mm/h
 - o Tomada de Decisão
-
- **Programa de Treinamento de Pessoal** - para cumprimento das medidas propostas no Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados, é preciso contar com uma equipe de inspeção treinada e capacitada para executar as tarefas necessárias, como determina a Norma ABNT/NBR 13896/97 - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para

Projeto, Implantação e Operação. Propõe-se nesse programa, que o treinamento seja dividido em duas etapas, sendo elas:

- o Parte teórica
 - o Parte prática
- **Programa de Educação Ambiental** – este programa é proposto nesta pesquisa, considerando a importância da participação e, mais ainda, da compreensão da sociedade com relação à problemática dos resíduos sólidos e do funcionamento de um aterro sanitário. Uma série de situações indesejáveis poderia ser evitada caso a população saiba o que é e como realmente funciona o aterro sanitário. Práticas efetivas de educação ambiental estão diretamente ligadas a práticas ambientalmente adequadas de disposição de resíduos, reciclagem, entre outros. O Programa de Educação Ambiental contempla:
 - o Constituição do museu do lixo;
 - o Visitas orientadas ao aterro sanitário;
 - o Palestras encomendadas sobre a temática resíduos sólidos urbanos e aterro sanitário, especialmente para os moradores do entorno do aterro.
- **Programa de Segurança** - Com o encerramento das atividades de recebimento de resíduos é preciso tomar algumas precauções que garantam a segurança das pessoas e dos trabalhadores do aterro. É necessário planejar o isolamento da área, para evitar a entrada de pessoas e animais domésticos. Para atender esse objetivo, propõe-se que este programa aborde:
 - o Manutenção do isolamento da área do aterro sanitário

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - PROGRAMA DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL

4.1.1 - RECOBRIMENTO FINAL DO ATERRO SANITÁRIO

O recobrimento final do aterro tem a função de reduzir a infiltração de águas pluviais e, consequentemente a produção de líquidos percolados; retenção de percolados e gases; evitar a exposição dos resíduos dispostos e criar um substrato adequado para a implantação de cobertura vegetal.

Essa camada final de cobertura estará exposta às mais variadas solicitações, tais como: saturação e ressecamento decorrentes da sazonalidade climática; subsidências, fissuramentos e movimentos de massa devido a recalques constantes do maciço de resíduos; erosões pela ação das águas de escoamento superficial, dentre outros. Daí a importância da implantação de um sistema de recobrimento final que possa ter um desempenho adequado, no sentido de ser menos susceptível aos efeitos dos eventos esperados, garantindo maior segurança para o aterro como um todo.

A cobertura deve ser pouco permeável e em geral, composta por solo de cultivo, solo argiloso e, por critérios de projeto específico, o uso de geomembrana e drenagem de líquidos e gases. A geomembrana é responsável pela impermeabilização contra escape do biogás para a atmosfera e entrada de água da chuva para o interior do aterro, enquanto que o solo de cultivo é importante para garantir a fixação da cobertura vegetal. A drenagem da água de infiltração reduz a geração de percolados, consequentemente, diminui as pressões neutras no maciço; a drenagem possibilita a sua captação por meio de drenos e tubulações e reduz a pressão interna no maciço. Quando a camada de solo argiloso representar ao mesmo tempo, a camada impermeável e de cultivo, é recomendável que ela tenha, no mínimo, 60 cm de espessura.

Apesar de parecer espessa, a cobertura de proteção superior necessitará ser recomposta em determinados pontos ao longo do tempo. Problemas de recalque de parte do aterro podem

favorecer o movimento do solo da cobertura final para o interior dos resíduos via deslocamentos, fissuras ou por carreamento quando da percolação das águas pluviais. Dessa forma, trabalhos de inspeção e monitoramento devem ser freqüentes e, caso seja necessário, parte da cobertura final afetada por algum evento deverá ser recomposta.

Conformação da superfície final do aterro

A incidência e o escoamento superficial de águas pluviais sobre a porção de topo do aterro pode produzir algumas situações indesejáveis ao aterro e à sua estabilidade, tais como:

- a) escoamento superficial no sentido do talude - esta situação culmina com o desenvolvimento de feições erosivas, obstrução e/ou rupturas de canaletas de drenagem pluvial implantadas na base dos taludes e exposição de resíduos nas erosões;
- b) acumulação e intensa infiltração da água da chuva para o interior do aterro - o que pode resultar na elevação do nível de percolados no interior do aterro e seu vazamento através dos taludes, o que também colabora para a redução de sua estabilidade.

Desse modo, com o encerramento das disposições de resíduos, a superfície final do aterro deverá ser conformada de maneira a prover uma inclinação tal que permita escoamento com baixa velocidade das águas pluviais que incidem sobre a sua superfície de topo, sua captação por meio de canaletas e condução de forma segura, para fora do aterro.

No sentido de não sobrecarregar as canaletas de drenagem pluvial localizadas no pé dos taludes, é desejável que a inclinação seja voltada para montante, em caso de aterro construído sobre uma vertente, isto é, a água pluvial deverá ser direcionada para o sentido oposto ao dos taludes de jusante do aterro, conforme o esquema da Figura 50, apresentado a seguir:

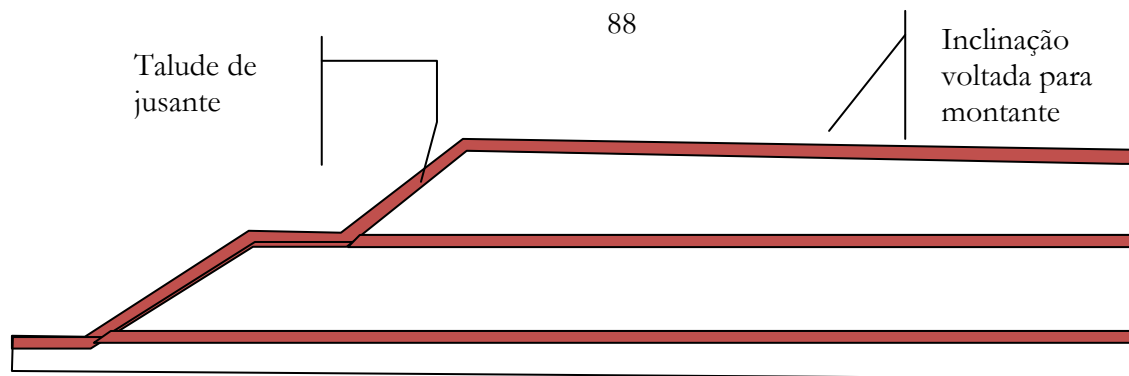


Figura 50: Esquema ilustrativo da inclinação adequada no aterro sanitário.

Fonte: A autora, 2009.

4.1.2 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE EMPRÉSTIMO

Re-conformação do relevo com uso de resíduos selecionados de construção civil

Resíduos de construção civil têm se constituído em um dos grandes problemas ambientais de médias e grandes cidades brasileiras, pois em sua maior parte são dispostos inadequadamente em terrenos baldios, margens de estradas e cursos d'água e na periferia dos bairros mais afastados do centro. A disposição inadequada aliada a ausência de um programa de reciclagem de materiais provenientes da construção civil traz reflexos negativos ao meio ambiente e à saúde e bem estar da população.

Em vista da necessidade de proceder à reabilitação da área degradada pela extração de solo e, ao mesmo tempo, da impossibilidade da restituição de solo ao local e ausência de um programa de reciclagem de resíduos da construção civil, propõe-se aqui a disposição de resíduos selecionados da construção civil como um meio para re-conformação do relevo e possibilidade de uso futuro da área.

Os trabalhos para a reabilitação da área devem ser efetivados em etapas, a saber:

- 1) Implantação de drenos para águas de percolação na base das cavas – os drenos terão a função de conduzir as águas pluviais que se infiltrarem através da massa de resíduos, para fora da área aterrada;
- 2) Seleção de resíduos a serem dispostos – devem ser aceitos, para disposição no local, apenas resíduos constituídos de materiais inertes provenientes da construção civil;

- 3) Disposição de resíduos selecionados e compactação – deverão ser compactados com o próprio trator durante o trabalho de espalhamento; nesta etapa de trabalho, materiais estranhos que possam estar presentes deverão ser segregados manualmente;
- 4) Recobrimento dos resíduos com uma camada de solo orgânico – quando as cavas estiverem totalmente preenchidas com resíduos, deverá ser reconstituída uma camada de solo orgânico com cerca de 60 cm de espessura;
- 5) Implantação da cobertura vegetal com espécies arbóreas e arbustivas sobre a área aterrada.

As Figuras 51, 52, 53 e 54, a seguir, apresentam a sequência dos trabalhos a serem empreendidos na área de empréstimo para a sua reabilitação:

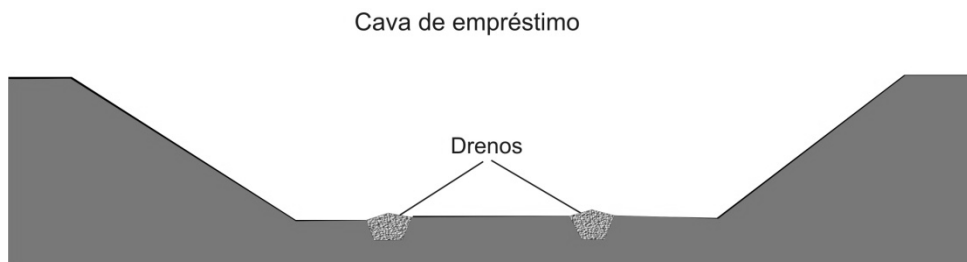


Figura 51: Construção de drenos para coleta de água de percolação.



Figura 52: Aterramento da cava com resíduo de construção civil.

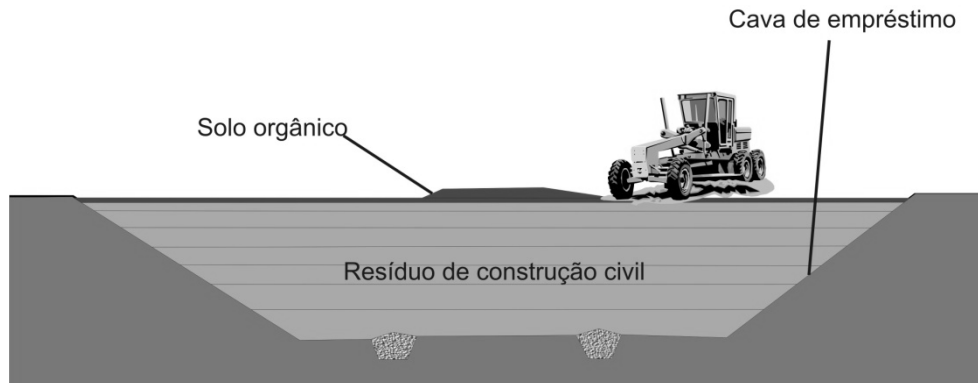


Figura 53: Reconstituição da camada orgânica de solo.

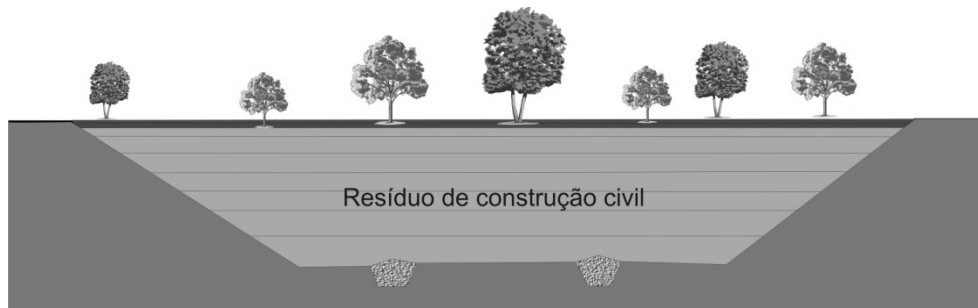


Figura 54: Vegetação implantada sobre a área aterrada com resíduos da construção civil.

4.1.3 - RECONSTITUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO ENTORNO

A vegetação no entorno do aterro sanitário exerce a função de isolamento e proteção do empreendimento e ameniza o impacto visual causado pelo aterro. O ideal é que essa área, que pode ser considerada uma área de amortecimento de impactos, seja proposta já na etapa de projeto e estabelecida durante a implantação do aterro evitando que, em virtude do crescimento urbano acelerado, sejam construídas moradias no entorno do aterro. Caso isso não ocorra na fase de operação é importante que a recomposição vegetal no entorno seja realizada após o encerramento do aterro. Nesse caso recomenda-se a utilização de espécies nativas, que possam de adaptar as condições climáticas e as características do solo local. Também são recomendadas espécies arbóreas, visto que, dessa maneira cria-se uma cortina vegetal que minimiza o impacto visual da área e aumenta o isolamento e segurança.

4.1.4 - IMPLANTAÇÃO DE CORTINA VEGETAL

Um aterro sanitário torna-se uma área estéril e uma paisagem monótona após seu encerramento. Uma das maneiras de minimizar esse impacto visual é a implantação de cortina vegetal. Ela tem a função de criar uma barreira em torno do aterro isolando a área e aumentando a segurança, além disso, evita a dispersão de resíduos sólidos expostos, como sacolas plásticas, garrafas PET e papéis que possam ser levados pelo vento e diminui a dispersão de partículas de poeira. Para que a cortina vegetal seja funcional, ela deve ser composta por espécies de maior porte, que possam cumprir satisfatoriamente a função de isolamento do local e impedir a dispersão de resíduos.

4.1.5 - IMPLANTAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO ATERRO

Ao contrário das áreas do entorno nas quais não houve deposição de resíduos, para a revegetação do aterro sanitário deve ser levado em consideração que o ambiente em questão apresenta características peculiares por tratar-se de uma área ambientalmente degradada. O solo do local foi totalmente retirado para disposição dos resíduos e, reconstituído visando impedir a percolação de líquidos e gases contaminantes sendo, para essa função, empregado solo predominantemente argiloso e destituído de matéria orgânica. Daí a importância de se executar uma camada de solo de cultivo sobreposta à camada de argila, visando condicionar o desenvolvimento da vegetação. A reconstituição da cobertura vegetal é importante tanto do ponto de vista ambiental, já que irá possibilitar a recuperação do solo e o restabelecimento da flora e da fauna, quanto de segurança por contribuir com a estabilidade geotécnica do maciço. Para recomposição da cobertura vegetal, indica-se a utilização de espécies de leguminosas e gramíneas, conforme descrito no capítulo Referencial Teórico desta dissertação.

4.2 - PROGRAMA DE INSPEÇÃO, MONITORAMENTO E AÇÕES EMERGENCIAIS

4.2.1 - INSPEÇÃO DE RECALQUE NO ATERRO

A massa de resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário é passível de redução de volume ao longo do tempo em razão da degradação da matéria orgânica e outros resíduos. Embora a degradação de resíduos por meio de ação microbiana seja um processo de ciclagem natural, a redução de volume associada traz algumas consequências para o aterro, principalmente após o encerramento de suas atividades, dentre as quais citam-se: formação de depressões na parte superior do aterro com conseqüente formação de fissuras e deslocamento na camada de solo empregada para a cobertura final.

Desenvolvimento de fendas nas superfícies expostas do aterro, seja nos seus taludes, seja na porção superior, implica no maior aporte de água da chuva para o interior da massa de resíduos sólidos ali dispostos. A consequência disto é a desconfiguração dos taludes e de sua porção superior. Maior produção de líquidos percolados em razão da percolação da água da chuva poderá levar ao aumento das subpressões no interior do aterro e, desse modo, a depender do nível atingido pelos percolados no interior do maciço, resultar na ruptura hidráulica.

O esquema da Figura 55, a seguir, apresenta as causas e as consequências de recalques no aterro:

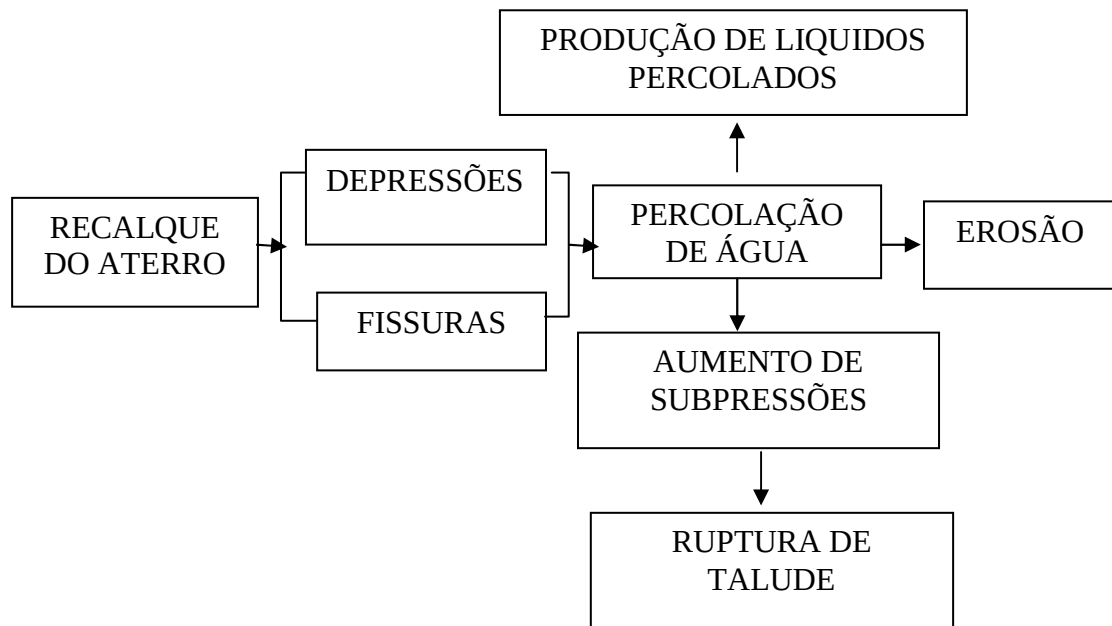


Figura 55: Esquema relacionando causas e conseqüências de recalques no aterro.

4.2.2 - INSPEÇÃO DE FISSURAMENTO DA COBERTURA FINAL DO ATERRO

Ao atingir o limite da vida útil do aterro, as porções que atingiram a cota final deverão ser recobertas por uma camada de solo argiloso com 60 cm de espessura, no mínimo. A adoção dessa espessura deve-se a necessidade de se prover uma camada suporte para a vegetação a ser implantada sobre a sua superfície, reduzir a um nível mínimo a percolação da água da chuva para o interior do maciço do aterro, constituir uma barreira ao escape do biogás diretamente para a atmosfera, manter os resíduos dispostos enclausurados e resistir ao movimento descendente do solo para interior dos resíduos em situações de recalque do maciço. Não sendo satisfeitas as condições acima, a cobertura final necessitará ser corrigida via reposição de solo.

Processos de recalque e erosivos são eventos constantes em todo o período de existência de qualquer aterro sanitário. Assim sendo, o seu monitoramento e a implementação de ações pós-encerramento são imprescindíveis para a estabilidade do maciço.

O desenvolvimento do processo de recalque ocorre em função da redução do volume de resíduos em todos os níveis do aterro pela degradação da matéria orgânica ou pela simples compactação. O recalque diferencial leva parte do aterro à movimentação descendente da porção afetada com rearranjo da massa remanescente de resíduos e deslocamento da

camada da cobertura final para o interior dos resíduos (Figura 56). A subsidência com deslocamento de solo da cobertura final desenvolve caminhos preferenciais para percolação da água pluvial para o interior do maciço do aterro.

Fissuramentos na cobertura final também podem se desenvolver pela ação da contração por ressecamento do solo argiloso (Figura 57). Tais fissuras podem apresentar aberturas significativas nos períodos mais secos do ano, as quais constituem caminhos preferenciais à percolação da água da chuva como mostra a Figura 58:

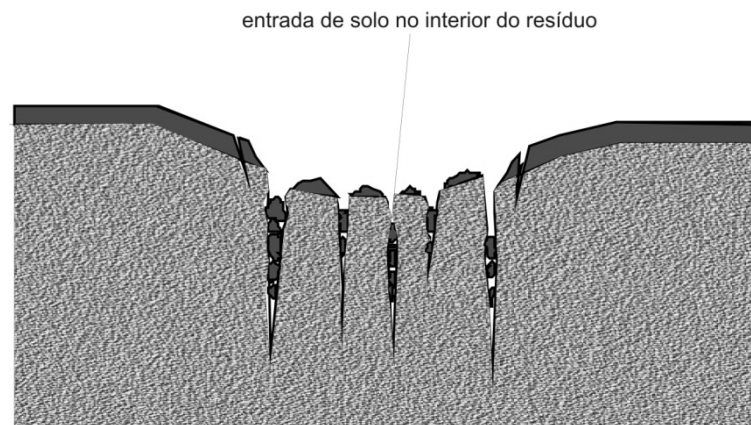


Figura 56: Detalhe de uma área de recalque com aporte de solo para o interior do resíduo.

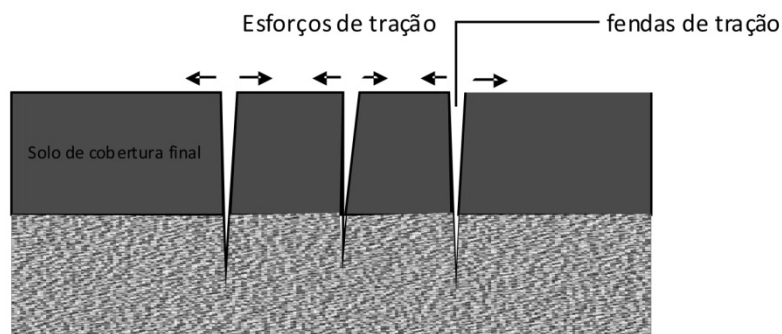


Figura 57: Fendas de tração desenvolvidas no solo de cobertura por ação de ressecamento.

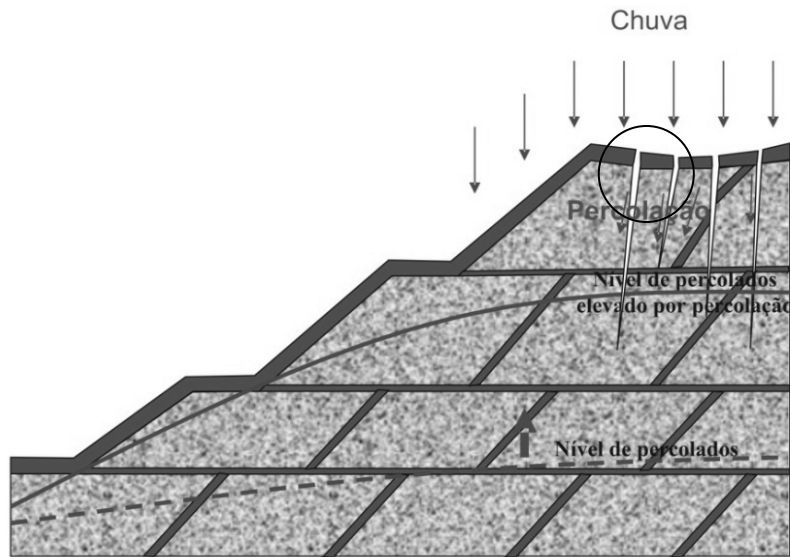


Figura 58: Formação de depressão na parte superior do aterro seguido de fissuramento da camada de solo e percolação excessiva de águas pluviais.

4.2.3 – INSPEÇÃO DE FEIÇÕES EROSIVAS

Desenvolvimento de feições erosivas na área do aterro é um aspecto indesejável durante e após o encerramento das atividades de disposição de resíduos. Sua evolução é consequência do escoamento das águas pluviais sobre a superfície do aterro, principalmente nos taludes. Dependendo do volume escoado e da velocidade do fluxo de água, podem se formar sulcos profundos, o que ocasionaria a exposição dos resíduos confinados (Figura 59) e o seu carreamento para fora do aterro. O grande volume de solo deslocado pelo escoamento de águas pluviais, associado a resíduos, obstruiria as calhas de drenagem pluvial situadas a jusante do ponto de erosão. A água da chuva não drenada geraria novos escoamentos superficiais sobre o talude inferior, agravando a situação.

Monitoramento das feições erosivas deve ser realizado juntamente com os trabalhos de inspeção das calhas de drenagem pluvial a fim de diagnosticar e caracterizar os fatores responsáveis pelo seu desenvolvimento. Uma vez constatadas as feições erosivas, estas devem ser imediatamente contidas, principalmente caso seu desenvolvimento tenha ocorrido no período chuvoso do ano, a fim de evitar danos maiores e, consequentemente, maior custo para a recuperação da área afetada.

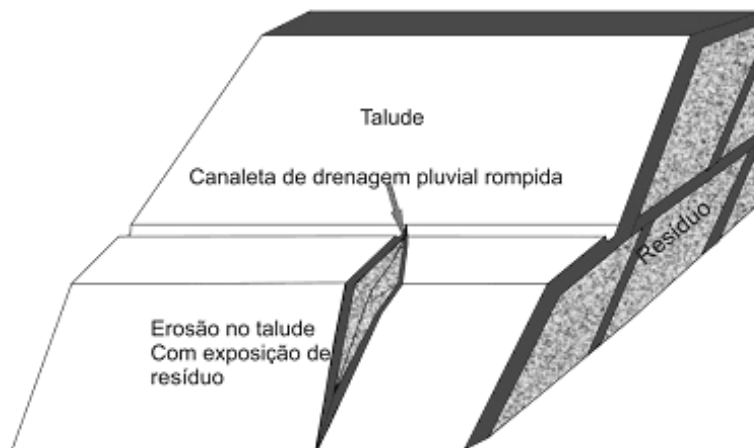


Figura 59: Desenvolvimento de feição erosiva na porção de talude e na via de circulação. Normalmente, o desenvolvimento tem início com a ruptura de calhas de drenagem pluvial.

4.2.4 - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS: SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA

As águas superficiais e subterrâneas devem ser monitoradas desde o início das operações do aterro. Com o encerramento das atividades em razão do esgotamento da vida útil, é fundamental que o trabalho de monitoramento continue até que os resíduos sólidos ali dispostos não ofereçam mais riscos à sua contaminação por meio de líquidos percolados. Não é possível estabelecer, *a priori*, o tempo necessário para o monitoramento; sabe-se, no entanto, que este pode se estender por várias décadas até que os líquidos percolados não representem mais riscos à contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Em vista da perspectiva temporal relativamente longa do monitoramento, torna-se necessária, com o encerramento das operações de disposição de resíduos no aterro, a continuidade do monitoramento da água subterrânea como parte integrante de um Programa de Monitoramento. Para monitoramento das águas subterrâneas, em razão da ausência de padrões normativos para qualidade das águas subterrâneas em nível nacional, sugere-se a adoção dos valores orientadores propostos pela CETESB, 2005, apresentados em Anexo A. A frequência trimestral de monitoramento é a mais empregada em monitoramento de aterros já encerrados, portanto será considerada neste trabalho.

4.2.5 - MONITORAMENTO DA COBERTURA VEGETAL IMPLANTADA

Implantação da cobertura vegetal constitui-se em um dos procedimentos de maior importância em toda a fase de operação de um aterro sanitário em razão de a vegetação propiciar uma série de condições que auxiliam na redução dos aspectos negativos comuns em empreendimentos dessa natureza, dentre os quais podem-se citar: impactos visuais da área do aterro e das áreas de empréstimo; impacto direto das gotas de chuvas; ação erosiva das águas pluviais; estabilidade dos taludes; dispersão de particulados pela ação do vento; pobreza em microrganismos no solo de cobertura; ausência de determinadas espécies da fauna; dentre outros.

Porém, a cobertura vegetal implantada, seja ela constituída por gramíneas seja por espécies arbóreas e arbustivas, necessita de cuidados constantes, principalmente após o encerramento das atividades do aterro sanitário. A morte de indivíduos arbóreos ou arbustivos ou falhas na cobertura de gramíneas pode resultar em algumas conseqüências para o aterro como a perda do aspecto estético ou a acentuação dos processos erosivos, como ilustrado na Figura 60.

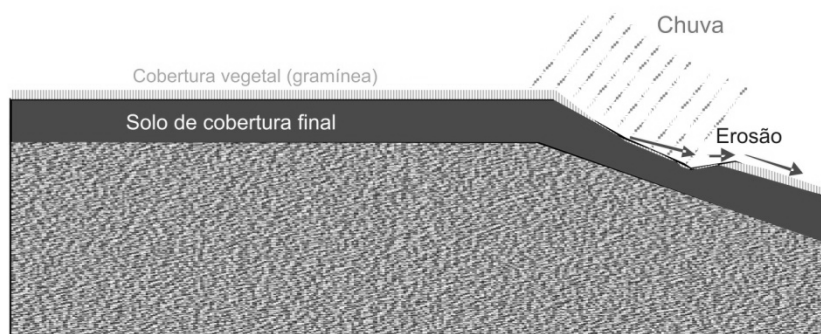


Figura 60: Processo erosivo em desenvolvimento em local com falha na cobertura vegetal.

4.2.6 - MONITORAMENTO DA FAUNA

A abundância de restos orgânicos em putrefação em aterros sanitários atrai algumas espécies da fauna, sobretudo insetos (moscas); roedores, animais escavadores e aves de rapina. Durante a fase de operação do aterro a presença destes organismos é mais acentuada. A presença de roedores e de aves diversas atrai outras espécies que destes se alimentam, principalmente as serpentes.

Mesmo após o encerramento das operações de disposição de resíduos no aterro, algumas espécies permanecerão por algum tempo na área e no seu entorno, sobretudo os representantes da herpetofauna e da entomofauna. Presença de serpentes, aracnídeos e escorpiões pode significar riscos de acidentes para as pessoas; em vista disso, é fundamental o monitoramento de animais peçonhentos na área de visitação do aterro e no seu entorno.

4.2.7 - MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

As principais emissões atmosféricas na área do aterro na fase pós-encerramento das atividades de disposição de resíduos estão relacionadas com emissões de biogases, dentre estes citam-se o gás metano (CH_4) e o gás sulfídrico (H_2S). Os dois biogases citados são fatores contribuintes para o efeito estufa, e além disso, o CH_4 apresenta alto poder de combustão, portanto, a geração desses gases no aterro, a profusão para a atmosfera e os riscos de explosões na área devem ser monitorados. O monitoramento quantitativo de biogases por um período poderá indicar a evolução da estabilização da matéria orgânica (principal produtora destes gases) no interior do aterro. A manutenção e inspeção dos queimadores de biogases devem ser objetos de atenção constante, até o momento que estes não mais ofereçam riscos em razão do decaimento da produção.

4.2.8 - MONITORAMENTO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS

Líquidos percolados são gerados pela decomposição da matéria orgânica e pela infiltração da água da chuva através da cobertura do aterro. Quanto maior for a quantidade de percolação da água da chuva, maior será a sua produção. Nos períodos de maior incidência de chuvas a tendência é de elevação do nível de percolados no interior do aterro. Em caso de baixa eficiência dos drenos para captação e drenagem dos líquidos percolados para fora do maciço do aterro, poderá resultar na elevação excessiva de seu nível, além do limite crítico e, desse modo, resultar na ruptura hidráulica do talude do aterro.

O nível de percolados, bem como a pressão atuante no interior do maciço, pode ser monitorado por meio de piezômetros construídos em vários pontos do maciço do aterro (Figura 61).

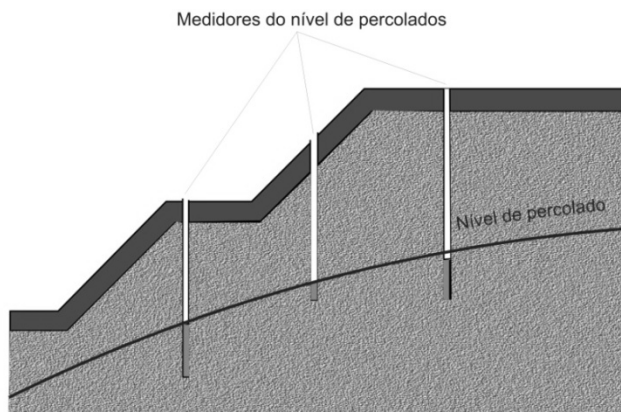


Figura 61: Poços medidores do nível de percolados.

4.2.9 - FORMALIZAÇÃO DA INSPEÇÃO E MONITORAMENTO

Baseadas nas propostas contidas no Manual de Preenchimento de Fichas de Inspeção de Barragens elaborado pelo Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica, foram desenvolvidas fichas de inspeção e monitoramento de aterros sanitários na fase pós-encerramento. As inspeções devem ser realizadas a fim de avaliar os aspectos de segurança do maciço e os pontos onde possa haver contaminação do solo ou da zona insaturada. No campo, o técnico responsável pela inspeção deve caminhar sobre as bermas e taludes do aterro, registrando todos os aspectos visíveis e anomalias nas referidas fichas.

Quando um item não puder ser inspecionado mas o operador local tiver condições de fornecer informação a respeito, o mesmo deve ser preenchido com esta informação. Neste caso, deve ser indicado na ficha de inspeção o motivo que não permitiu a inspeção e a origem da informação apresentada (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL E SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA, 2004).

FICHA PARA INSPEÇÃO FORMAL DE ATERROS SANITARIOS PÓS-ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO.

DADOS GERAIS:	
1 – Nome do empreendimento:	
2 – Coordenadas:	/
3 – Município/Estado:	/
4 – Vistoriado por:	Assinatura:
5 – Cargo:	Empresa/ Instituição:
6 – Data da vistoria:	/ Vistoria nº:
7 – Cota atual do aterro(m):	

LEGENDA:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP):
NA – Este Item Não é Aplicável	I = Insignificante	0 = Nenhum
NE – Anomalia Não Existente	P = Pequena	1 = Atenção
PV – Anomalia Constatada pela Primeira Vez	M = Média	2 – Alerta
DS – Anomalia Desapareceu	G = Grande	3 - Emergência
DI – Anomalia Diminuiu		
PC – Anomalia Permaneceu Constante		
AU – Anomalia Aumentou		
NI – Este Item Não foi Inspeccionado		

SITUAÇÃO:

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente ao aterro que está sendo inspecionado.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que está sendo examinado, ou seja, sob o aspecto em questão, o aterro não apresenta falha ou defeito e não foge as normas.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da inspeção do aterro, aquela anomalia é constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em trabalho de inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior, não mais está ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade, ou dimensão em relação a constatada na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pelo aterro.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade, ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pelo aterro.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pelo aterro.

NI – Este item Não foi Inspecionado: Quando um determinado aspecto do aterro deveria ser examinado e por motivos alheios a pessoa que está inspecionando o aterro, a inspeção não foi realizada. Neste caso, na parte reservada para comentários, deverá haver uma justificativa para a não realização da inspeção. Nesse caso, se o responsável pelo aterro tiver informações sobre o item não inspecionado, o técnico poderá preencher o campo reservado para **Comentários**, com essa informação.

MAGNITUDE:

I = INSIGNIFICANTE: a anomalia pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Local.

P = PEQUENA: quando a anomalia pode ser resolvida pela Própria Administração Local.

M = MÉDIA: anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio de consultores externos.

G = GRANDE: anomalia que só pode ser resolvida por Equipe de Consultores Especializada.

NÍVEL DE PERIGO

0 = NENHUM: não compromete a segurança do aterro, mas pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 = ATENÇÃO: não compromete a segurança do aterro em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 = ALERTA: risco à segurança do aterro, portanto, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 = EMERGÊNCIA: risco de ruptura iminente do aterro, situação fora de controle.

A - INFRAESTRUTURA OPERACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO APÓS ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO

Localização/Anomalia – Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				NP
1	Falta de documentação sobre o aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência de placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Administração Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de instrução para uso de equipamentos mecânicos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B – ANOMALIAS NO ATERRO

B.1 – Anomalias no talude do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				NP
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Fissuras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Recalques	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Sinais de deslocamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Bermas entre plataformas com sinais de erosão ou deslocadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Exsudação de chorume	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas de drenagem pluvial quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais silvestres	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimento (deslocamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Falhas no recobrimento dos resíduos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Falha na cobertura vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
15	Invasão por animais domésticos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.3 – Anomalias nos equipamentos do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				Np
1	Acesso precário aos instrumentos de monitoramento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Medidores de nível d'água entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Marcos para monitoramento de movimentação defeituosos ou inexistentes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Drenos para percolados obstruídos ou danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta instrumentação para monitoramento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta ou falha no registro de leituras da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Unidade de tratamento de percolados (reator) com defeito ou inoperante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Drenos para biogás defeituosos ou danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Queimadores de biogás ausentes ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Equipamentos de isolamento do aterro (cercas) danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas para drenagem pluvial danificadas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Placas indicativas de riscos de explosão/acidentes ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Cercas de isolamento dos queimadores de biogás ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Pluviômetro ausente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Medidor do nível de percolados inexistente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

C – ANOMALIAS NO ENTORNO DO ATERRO

Anomalias no entorno do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				Np
1	Isolamento (cerca) inexistente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Invasões em áreas de amortecimento ou de preservação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Lançamento clandestino de lixo ou de resíduos da construção civil	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Movimentos de massa (escorregamentos)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Desmatamento da área do entorno próximo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Queimadas no limite do aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Animais domésticos no entorno próximo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Ausência de aceiros no perímetro do aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Placas de advertência ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Ausência ou destruição de cortina vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

4.2.10 - PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO PARA INSPEÇÕES

A partir do diagnóstico das situações que representam riscos à estabilidade, ao meio ambiente, às pessoas e a bens patrimoniais de terceiros, constatadas na área do aterro sanitário e na sua área de influência direta, são apresentadas as seguintes propostas para inspeções e ações emergenciais para esta estrutura.

- **Frequência das Inspeções**

Propõem-se as seguintes frequências para as inspeções periódicas utilizando-se do sistema de preenchimento de fichas de inspeção apresentadas anteriormente:

- a. No período chuvoso, a frequência de inspeções deverá ser semanal;
- b. No período de seca a frequência de inspeções poderá ser mensal.
- c. Especificamente para os taludes e topo do aterro, em caso de precipitações pluviométricas de elevada intensidade (constatadas em leitura dos pluviômetros), com intensidade igual ou superior a 30 mm/h, concentrada em curto período de duração ou longa duração, independente do mês de ocorrência, deverá ser efetivada uma inspeção emergencial em toda a extensão do aterro. O valor de 30 mm/h, foi indicado considerando o fato de que tal valor já representa quantidade significativa de chuva que possa provocar danos a estabilidade dos taludes, no entanto, este valor pode ser adaptado para a região específica onde o aterro esteja localizado.

- **Inspeção dos taludes do aterro**

Esta porção do aterro deverá dispor dos seguintes instrumentos para monitoramento: marcos de concreto para quantificação de movimentos (recalques, deslocamentos por ruptura), pluviômetro e medidores do nível de percolados. A instrumentação do talude do aterro tem o caráter orientativo, ou seja, tem a função de definir a frequência e local para as inspeções periódicas e ações emergenciais. Informações de precipitações pluviométricas, dependendo da intensidade, poderão desencadear uma campanha de inspeções visuais na porção de talude e topo do aterro, precedida do preenchimento das fichas de inspeção.

Para esta porção do maciço do Aterro Sanitário é fundamental a instalação dos seguintes instrumentos:

- a) Pluviômetro – deverá estar localizado próximo da sede da vigilância;

- b) Marcos (balizas topográficas em concreto) fixados no talude e no topo do aterro, com a finalidade de detectar possíveis deslocamentos horizontais e verticais (recalques, rupturas ou outros tipos de movimentos), com controle geodésico feito a partir de uma ou mais estações fixas. De acordo com as características do aterro, estes devem se localizar em pontos de maior criticidade.
- c) Poços para monitoramento do nível de percolados ou piezômetros, construídos em seções críticas do aterro, essas seções são determinadas a partir de análises geotécnicas de estabilidade dos taludes. A altura do nível de percolados pode representar risco de ruptura hidráulica, sobretudo quando atingir o nível crítico.

Caso seja constatada alguma anomalia, deverão ser tomadas providências corretivas necessárias ou, dependendo do nível de perigo do problema (nível 2 ou 3) constatado em inspeções, deverão ser programadas ações emergenciais para o aterro e/ou na área de sua influência direta.

- **Inspeção do topo do aterro**

Para esta porção do aterro, assim como nos taludes, além dos medidores de nível de percolados, devem ser construídos marcos (balizas geodésicas) no corpo do aterro para detectar possíveis deslocamentos, quer seja de recalque ou de movimentação para jusante, com controle topográfico feito a partir de um ou mais pontos fixos. De acordo com as características do aterro, sugere-se a instalação dos marcos nos seguintes locais:

- Regularmente espaçados na área de topo do aterro;
- Na borda do aterro (taludes).

Outra providência sugerida é a indicação dos locais, no talude ou na porção de topo que já tenham um histórico de ocorrência de algum evento, em princípio mais preocupante, por meio de placas indicativas, tais como: umidade visível em razão de exsudação de chorume, feições erosivas, recalques, fissuras, rupturas com sinais de movimentação. Estes locais identificados por placas deverão ter prioridade nas inspeções efetuadas.

4.2.11 - AÇÕES EMERGENCIAIS

Em caso de ocorrência de qualquer uma das situações de emergência, abaixo listadas, o(s) responsável (is) pelo aterro deverá (ão) ser imediatamente comunicado(s).

- Surgimento de fissuras nos taludes e na borda do aterro verificado em inspeções visuais;
- Movimentação do maciço do aterro com deslocamento (ruptura) visível ou detectado por meio de instrumentos;
- Escape de percolados em qualquer ponto do talude;
- Nível de percolados acima do nível crítico;
- Precipitações pluviométricas superiores a 30mm/h.

Fissuras de tração no talude e na borda superior do aterro sanitário

Desenvolvimento de fissuras de tração no talude e na borda superior do aterro sanitário associa-se a duas causas prováveis: recalques decorrentes da redução de volume da massa de resíduos ou ressecamento da cobertura final de solo (Figura 62). As fissuras representam caminhos preferenciais para a entrada de grande volume de água para o interior do maciço do aterro (Figura 63). Como consequência é esperada a elevação do nível de percolados podendo, assim, atingir o nível crítico. Uma vez atingido o nível crítico poderá ocorrer a ruptura hidráulica do talude. Nesse caso, torna-se fundamental reduzir, ao máximo, a entrada da água para o interior do maciço do aterro. A maior probabilidade de incidência de desenvolvimento de fissuras no aterro será no período seco, com o rebaixamento do nível de percolados, porém, o período crítico em termos de estabilidade do aterro serão os meses chuvosos. A porção afetada pelo recalque e fissuramento consequente deverá, além da descrição na ficha de inspeção, ser mapeada sobre uma planta georreferenciada.

A principal ação emergencial em caso de desenvolvimento de fissuras por recalque é a regularização da superfície afetada pelo recalque e selamento das fissuras com uso de solo. Esta ação deve preceder ao período chuvoso. Após a regularização e selamento das fendas é necessário monitorar a porção afetada para que qualquer evolução do problema, mesmo após a correção, seja constatada.

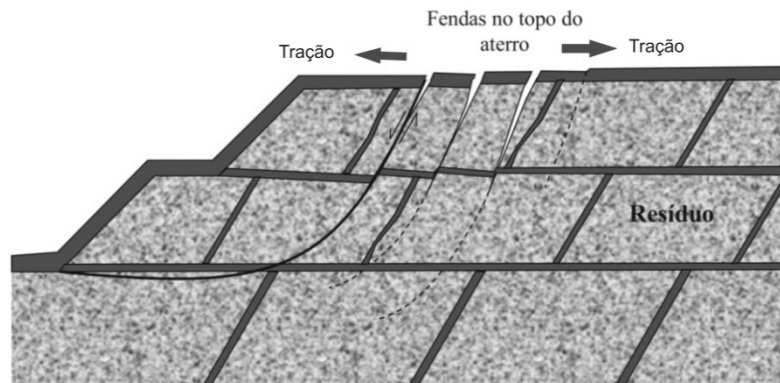


Figura 62: Desenvolvimento de fendas de tração na porção superior do aterro por onde a água pluvial irá percolar para o interior do maciço.

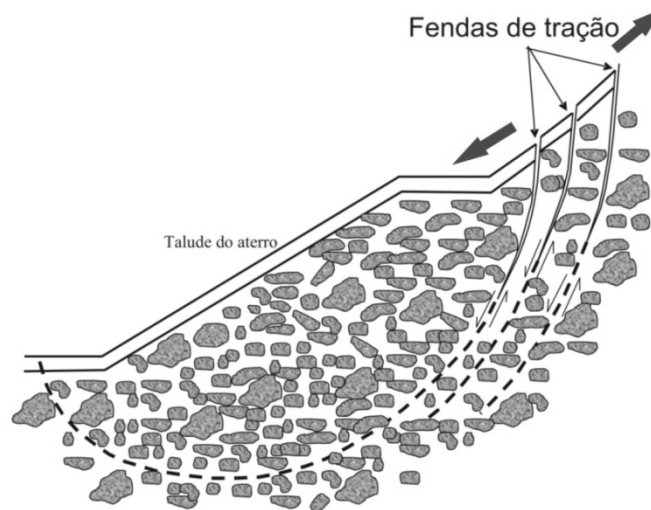


Figura 63: Desenvolvimento de fendas de tração associado a movimentos gravitativos em uma porção do talude do aterro sanitário.

Movimentação do maciço do aterro sanitário com deslocamento (ruptura) detectado visualmente ou por meio de instrumentos.

Ruptura de talude caracteriza-se como o tipo de movimento mais grave em um aterro sanitário. As evidências mais marcantes que denunciam este problema são as fissuras de tração que se desenvolvem paralelamente. Em alguns casos, é possível notar visualmente deslocamentos de pequena amplitude. Normalmente, a ruptura de talude ocorre no período

chuvoso do ano, quando o maciço do aterro encontra-se saturado por líquidos percolados e/ou águas pluviais. Essa condição resultará em diminuição da resistência mecânica do maciço e, ao mesmo tempo, o aumento de peso. Não sendo constatadas desde o início do problema, as fissuras de tração poderão evoluir, com o advento das chuvas, para escorregamentos. Uma vez atingida esta condição, dificilmente o problema poderá ser contido e as conseqüências poderão ser extremamente prejudiciais ao meio ambiente. Dentre as conseqüências mais importantes podem-se citar: deslocamento, encosta abaixo, de grande massa de solo associada a resíduos; exposição de resíduos; vazamento de percolados; novos escorregamentos associados ao anterior; elevados custos para recuperação da porção afetada; dentre outras. Nesse caso as ações emergenciais imediatas são o isolamento da área, recobrimento da superfície exposta com manta plástica e remoção do material deslocado para outro aterro, instalação de drenos para percolados e reposição de solo na porção afetada.

Elevação do nível de percolados constitui-se na principal causa de instabilização dos taludes de aterros. Assim sendo, uma das medidas fundamentais para evitar problemas de ruptura com conseqüente deslocamento é o monitoramento da variação do nível de percolados.

O problema deve ser mitigado na sua fase inicial. A presença de fissuras no talude deve ser sempre vista com muito rigor em inspeções visuais em qualquer época do ano e/ou por meio de equipamentos de monitoramento de movimentação. Constatado o seu desenvolvimento, devem-se buscar as causas que lhe deram origem. Uma vez determinadas estas causas, as mesmas devem ser imediatamente eliminadas por meio de selamento da superfície para que as águas das chuvas não mais percolem através delas. Outras medidas são necessárias, tais como: rebaixamento do nível de percolados no maciço do aterro; redução da entrada de água através de superfícies livres do aterro e monitoramento constante do local afetado.

Escape de percolados em qualquer ponto do talude de jusante

Vazamento de percolados através do talude do aterro decorre da elevação de seu nível no interior do maciço em razão da percolação da água de chuva na porção superior do aterro associada a drenagem interna ineficiente (Figura 64). Como visto no item precedente, esta situação pode resultar na ruptura hidráulica do talude do aterro. Além do mais, o

vazamento de chorume pode contaminar o solo adjacente e cursos d'água quando conduzido pelas águas pluviais, caso este não seja adequadamente coletado.

Medidas emergenciais devem ser acionadas no sentido de promover o rebaixamento do nível de percolados no aterro, como: implantação de drenos e redução da permeabilidade no topo do aterro, pode ser feito também bombeamento de chorume em poços.

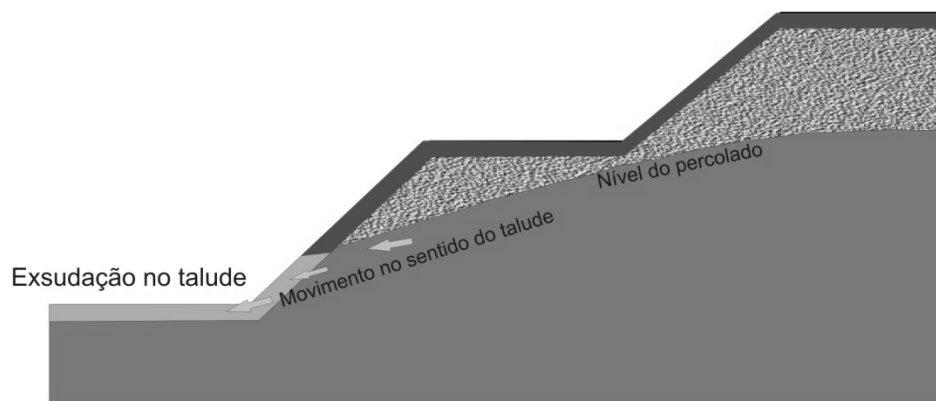


Figura 64: Exsudação de líquidos percolados no talude do aterro.

Nível de percolados acima do nível crítico determinado por meio de análises de estabilidade

A elevação do nível de percolados decorre da infiltração da água da chuva através do topo do aterro, como ilustrado na Figura 65. Como já mencionado no item anterior, a elevação do nível de percolado influencia negativamente a estabilidade do aterro. O seu monitoramento é feito a partir de piezômetros ou medidores de nível de percolados instalados no topo e no talude do aterro. Quanto mais permeável for a porção de topo do aterro, maior será o volume de água da chuva percolado. Presença de fissuras de tração e depressões originadas de recalques pode favorecer a entrada de água no maciço do aterro. No caso de a percolação de água no maciço ultrapassar a capacidade de drenagem dos drenos para percolados, conseqüentemente concorrerá para a elevação de seu nível.

Medidas emergenciais para o problema resumem-se a redução da permeabilidade do topo e do talude do aterro e inspecionar periodicamente o desenvolvimento de fissuras.

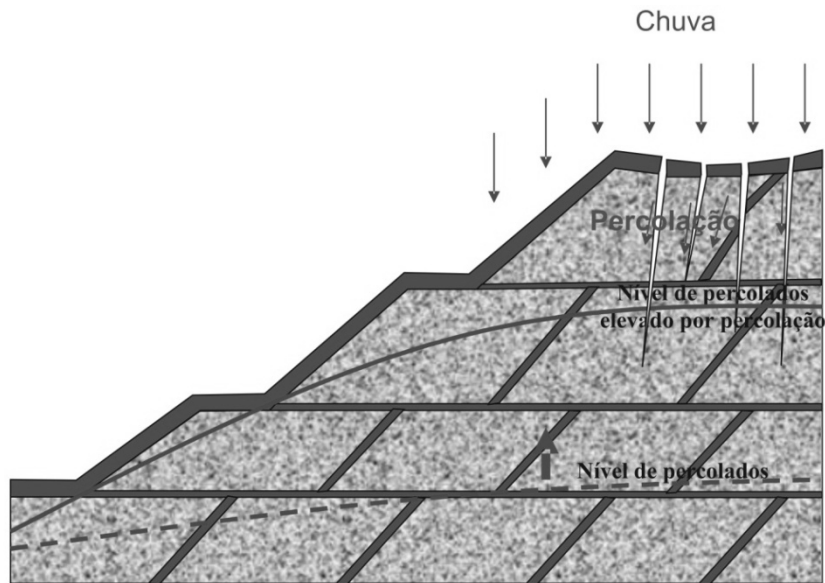


Figura 65: Percolação de água da chuva através do topo do aterro e conseqüente elevação do nível de percolados no interior do maciço.

Precipitações pluviométricas superiores a 30mm/h

Precipitações de elevada intensidade e de duração relativamente curta assim como precipitações contínuas ou intermitentes distribuídas em um período maior de tempo, desde algumas horas até alguns dias, devem ser observadas com atenção especial. Precipitações pluviométricas concentradas geram escoamentos superficiais volumosos, portanto, de grande poder erosivo (Figura 66). Por outro lado, precipitações de longa duração, apesar de baixa intensidade, produzem maior volume de infiltração da água para o interior do maciço do aterro favorecendo a elevação do nível de percolados e, conseqüentemente, à ruptura hidráulica. Tanto no primeiro caso quanto no segundo, o monitoramento das precipitações é muito importante, pois seus resultados irão nortear as inspeções no talude, na porção superior do aterro, no seu entorno e das condições dos equipamentos de segurança existentes. Além do monitoramento das precipitações, é importante realizar a manutenção das canaletas de drenagem, evitando obstruções e rupturas, o que pode facilitar o surgimento de processos erosivos.

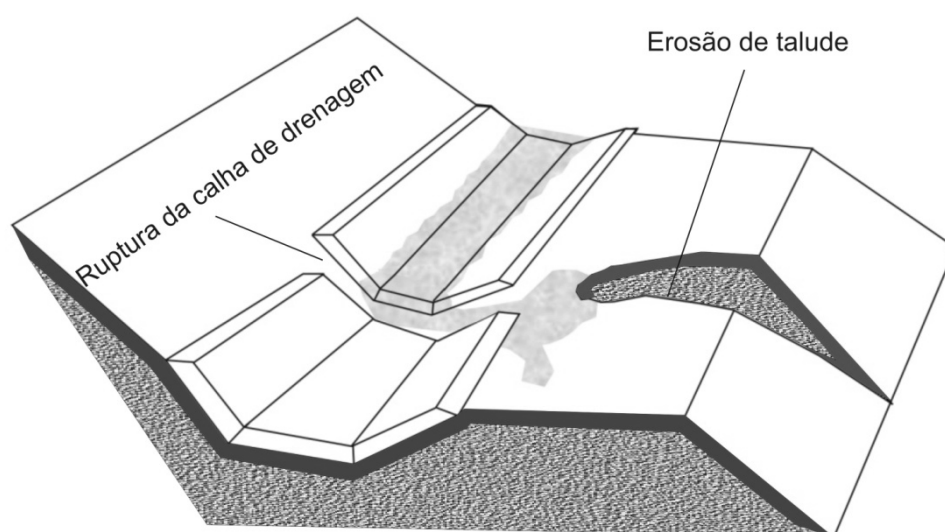


Figura 66: Ruptura de canaleta para drenagem da água pluvial e desenvolvimento de uma feição erosiva na bancada e no talude do aterro.

4.2.12 - TOMADA DE DECISÃO

Trata-se de uma parte das ações do pós-encerramento, extremamente importante, pois a partir de uma avaliação correta e precisa do problema e de uma tomada de decisão acertada e rápida, muitos acidentes podem ser evitados ou mitigados em tempo reduzido, assim são evitados prejuízos ambientais e custos financeiros.

Porém, a tomada de decisão pelos integrantes de uma equipe de inspeção demanda treinamento e uma gerência responsável pelas ações preventivas, estruturais, mitigatórias e emergenciais em situações de elevado risco.

Para tanto, propõe-se nesta dissertação um fluxograma (Figura 67) que envolve diversos setores ligados a um aterro sanitário, dessa forma diminuem os riscos de acidentes e o desempenho do empreendimento é maximizado.

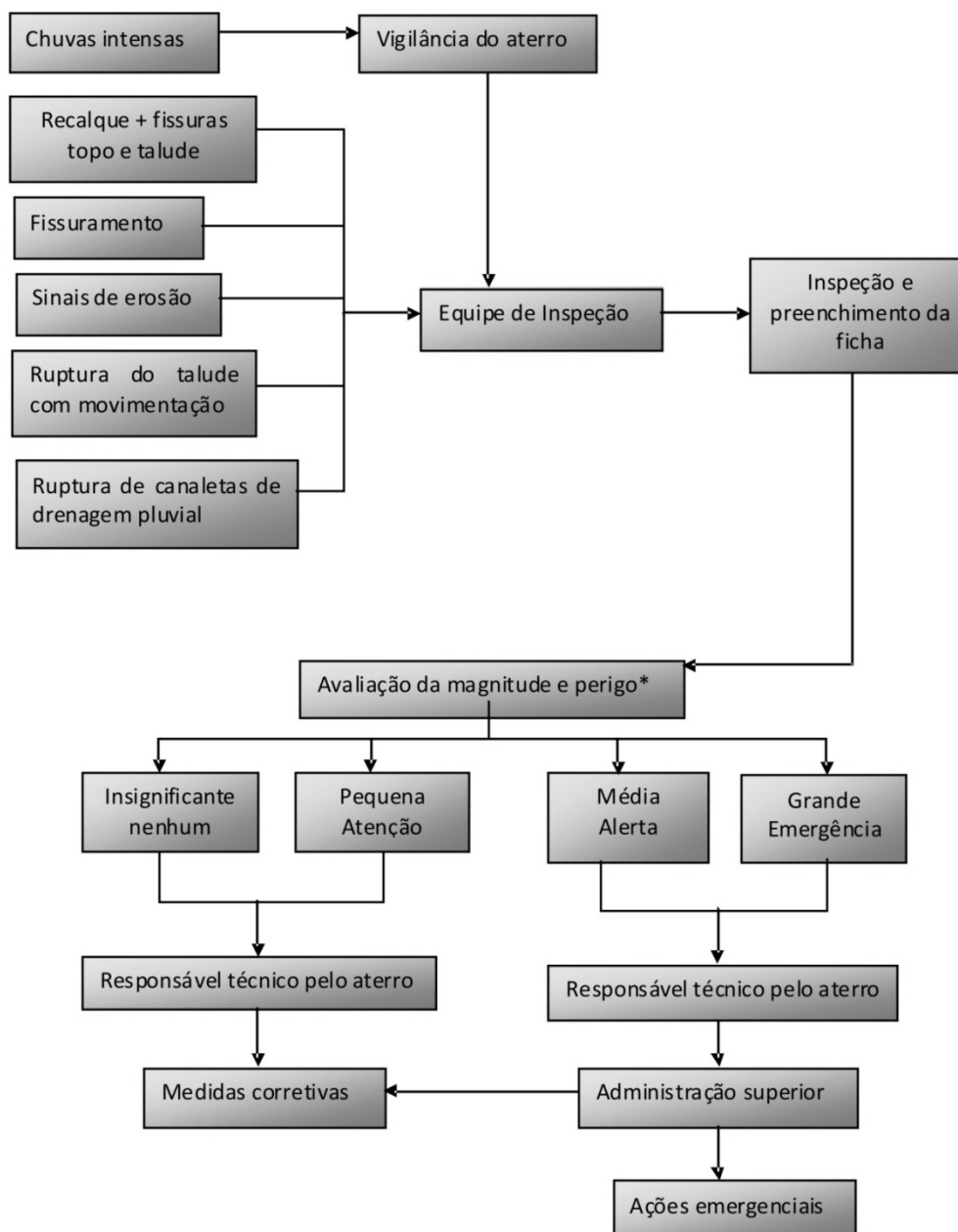


Figura 67: Fluxograma do programa de inspeções periódicas, tomada de decisões e ações emergenciais.

O quadro 03, a seguir, estabelece as principais anomalias ocorrentes em aterros sanitários, a tomada de decisão sugerida e as medidas corretivas e ações emergenciais.

O QUE INSPECIONAR		TOMADA DE DECISÃO	MEDIDAS CORRETIVAS/AÇÕES EMERGENCIAIS
TALUDE DO ATERRO	Fissuras na superfície sem sinais aparentes de movimentação	Notificar imediatamente o responsável pelo aterro.	• Selar as fissuras com solo argiloso • Instalar marcos de referência na área afetada • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Instalar placas de identificação; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Fissuras na superfície com indício de movimentação	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro. • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Verificar o nível de percolados nos piezômetros; • Impermeabilizar a área afetada por meio de selamento de fissuras e recobrimento com películas plásticas; • Rebaixamento do nível de percolados com a instalação de drenos verticais e horizontais; • Reduzir o nível de percolação no topo do aterro; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Ruptura de talude com movimento de grande volume de solo e resíduos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Remover o material deslocado e dispor em outro aterro; • Instalar drenos para percolados na área afetada; • Repor solo na porção afetada; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Sulcos decorrentes de escoamento de águas pluviais, sem exposição de resíduos	• Notificar o responsável pelo aterro.	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do escoamento superficial; • Eliminar a fonte de escoamento superficial; • Repor o solo e a cobertura vegetal; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Erosão com exposição e carreamento de resíduos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro.	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do escoamento superficial; • Eliminar a fonte de escoamento superficial; • Proceder à limpeza da área e dispor os resíduos carreados em outro aterro; • Repor o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Calhas de pé de talude desnivelados	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Calhas de pé de aterro desnivelados e rompidos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Calhas de pé de aterro desnivelados e rompidos com erosão de talude	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Falha na vegetação (gramínea)	• Notificar o responsável pelo aterro	• Diagnosticar as causas da falha; • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Exposição de resíduos por falha na cobertura final	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Diagnosticar as causas da falha; • Recompôr a camada de cobertura final com os materiais necessários (argila, manta); • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção • Fazer documentação fotográfica.
	Exsudação de chorume na base do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Remover o material saturado e dispor em outro aterro; • Instalar drenos para percolados na área afetada; • Reposição de solo na porção afetada; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Exsudação de percolados a 1/3 de altura da base do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Rebaixamento do nível de percolados com instalação de drenos verticais e horizontais; • Reduzir o nível de percolação no topo do aterro • Remover o material saturado e dispor em outro aterro; • Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
TOPO DO ATERRO	Recalque de parte do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Recalque com desnivelamento da drenagem superficial	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Recompôr as canaletas de drenagem superficial • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência de nível na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Recalque com fissuramento e entrada de água da chuva para o interior do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Selar as fissuras com solo argiloso; • Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Recalque na borda do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Fissuras da cobertura final por contração e ressecamento	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Selar as fissuras com solo argiloso; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
SEGURANÇA	Invasão por pessoas e animais na área do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Isolar a área do aterro com cerca do tipo alambrado; • Instalar placas de advertência em vários pontos do perímetro do aterro; • Vigilância; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Incêndio no entorno	• Notificar o responsável pelo aterro	• Monitorar focos de incêndio; • Se os focos de incêndio evoluírem acionar o Corpo de Bombeiros; • Instalar placas de advertência; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Incêndio na parte interna	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Acionar imediatamente o Corpo de Bombeiros; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

Continua

	Controle da cobertura vegetal	• Notificar o responsável pelo aterro	• Fazer a poda periódica da cobertura vegetal, com a finalidade de evitar incêndios na área do aterro com riscos de explosões, evitar a obstrução de canaletas de drenagem pluvial e a proliferação de animais peçonhentos. • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
--	-------------------------------	---	--

Quadro 03: Quadro resumo da rotina de inspeções, medidas corretivas e ações emergenciais.

4.3 - PROGRAMA DE TREINAMENTO DE PESSOAL

É importante que a equipe envolvida nas inspeções do aterro sanitário esteja preparada para identificar os mais variados problemas e decidir qual a melhor maneira de solucioná-los. Justifica-se então a importância de que os componentes da equipe de inspeção passem por treinamento no qual possam ter conhecimento teórico e prático sobre as situações. Portanto é proposto nessa dissertação de mestrado que o conteúdo programático de treinamento de pessoal divida-se em uma parte teórica e outra prática, conforme apresentado a seguir:

Parte Teórica

- 1 - Definições e terminologias
- 2 - Processos que podem afetar a estabilidade do aterro
- 3 - Importância da inspeção
- 4 - Aspectos a serem inspecionados

Parte Prática

- 1 - Identificação de situações de risco potencial
- 2 - Preenchimento de ficha de campo

Parte Teórica

1 – Definições e Terminologia

A padronização de terminologias, baseadas no vocabulário corrente na engenharia de aterros sanitários será fundamental para o bom desempenho da equipe. Objetiva-se, com isto, dar maior agilidade nos processos de identificação, descrição, avaliação e tomada de decisão em situações de risco à estabilidade de um aterro. As definições são apresentadas no Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados.

2 - Processos que podem afetar a estabilidade de aterros sanitários

Dois conjuntos de fatores podem afetar a estabilidade de aterros sanitários, a saber: intrínsecos e extrínsecos.

Os fatores intrínsecos são aqueles que são desencadeados no próprio maciço do aterro como resultado de alguma falha no processo construtivo, problema na fundação ou da variação de volume dos resíduos. Dentre os principais podem-se citar: percolação intensa de água da chuva através do maciço do aterro; erosão do talude de montante, de jusante e laterais; ruptura hidráulica, recalque do maciço com ou sem fissuramento; exsudação de chorume no talude de jusante (saturação), dentre outros.

Os fatores denominados extrínsecos são aqueles desencadeados por eventos externos, normalmente relacionados às condições climáticas e/ou de operação. Dentre estes podem-se citar: elevação do nível de percolados no maciço; escoamento de águas pluviais sobre a superfície do talude acompanhado de erosão; crescimento irregular de vegetação sobre o talude; ação de animais escavadores; entre outros. Todos estes processos são detalhados no Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados.

3 - Importância da inspeção

Os aterros sanitários são estruturas necessárias para minimização dos impactos ambientais causados pelos resíduos urbanos e, principalmente, à segurança da saúde das populações humanas. Nesse sentido, desempenham um importante papel ambiental e econômico.

No aspecto ambiental, um aterro sanitário tem a função de impedir a disposição de resíduos indistintamente no meio ambiente, a fim de que o próprio homem não seja afetado, assim como a fauna e a flora, via contato direto ou indireto, via contaminação das águas e do solo. A inspeção de um aterro sanitário objetiva garantir a integridade e o desempenho para o fim que este foi construído.

4 - Aspectos a serem inspecionados

A identificação, delimitação, avaliação e correção dos aspectos listados neste treinamento visam detectar possíveis problemas que podem representar riscos a integridade do aterro em sua fase pós-encerramento e, ao mesmo tempo, subsidiar a tomada de decisão.

Os eventos que podem comprometer a segurança do aterro são vários, porém, alguns não são passíveis de controle ou mitigação, como é o caso de precipitações anormais com longo período de recorrência. Felizmente, é baixa a probabilidade de ocorrência destes. A grande maioria dos eventos pode ser monitorada e seus efeitos mitigados. Entretanto, mesmo que os danos sejam de pequena significância, eles devem ser avaliados, mitigados e monitorados para que não se estabeleça um efeito cumulativo que possa comprometer a integridade da estrutura. Nesse sentido é fundamental que seja criada uma rotina de inspeção como parte de um Plano de Ações Emergenciais.

Parte Prática

1 - Identificação de situações de risco potencial e iminente

O treinamento da equipe responsável pela inspeção, voltada para identificação de situações de risco potencial e iminente, deverá ser realizado em duas etapas: a primeira será em sala de aula quando será dada uma orientação quanto ao preenchimento de fichas de inspeção; preenchimento das mesmas utilizando-se imagens projetadas por meio de equipamento multimídia a partir de situações reais ou hipotéticas; a segunda parte será realizada

diretamente na área do aterro, quando cada integrante da equipe irá identificar e providenciar a ficha de inspeção.

Tanto a etapa de sala de aula quanto de campo será acompanhada e avaliada por técnicos com comprovada experiência em aterros sanitários.

2 – Tomada de decisão

Em qualquer uma das etapas, uma vez caracterizado o problema e realizada a sua classificação quanto a magnitude e nível de perigo pelos membros da equipe de inspeção, este serão orientados à tomada de decisão, conforme o fluxograma apresentado na Figura 65.

4.4 - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Como foi descrito na metodologia dessa dissertação, existem vários programas de educação ambiental realizados em aterros sanitários. Nos aterros sanitários de Belo Horizonte, Campinas (Santa Bárbara) e Uberlândia faz parte do programa de educação ambiental a realização de visitas monitoradas, especialmente com alunos de escolas de nível fundamental e médio, pela área do aterro.

Através de um programa efetivo de educação ambiental uma série de problemas pode ser evitada, pois a população passa a ter conhecimento sobre o aterro sanitário. Nos aterros de Belo Horizonte e Bandeirantes – SP, foi possível perceber que os moradores do entorno ou não sabem qual a função do aterro, ou pensam que trata-se de um lixão no qual pode ser jogado resíduos indiscriminadamente, ou ainda por onde podem transitar livremente.

É preciso, portanto, que a população, especialmente os moradores de bairros próximos aos aterros tenham acesso a informações corretas sobre o empreendimento. Portanto, propõe-se que o aterro sanitário conte com uma equipe responsável pela educação ambiental, que tenha a função de receber, principalmente, alunos e professores de escolas das redes municipal, estadual e federal de ensino fundamental e médio, além de alunos de cursos universitários, para ministrar palestras relativas a resíduos sólidos e orientar visitas monitoradas a todas as instalações do aterro. Para esta função, os membros da equipe devem receber subsídios teórico-práticos a partir de experiências de técnicos da administração do aterro. Os monitores devem estar preparados para abordar, entre outros, conteúdos como:

- O que são resíduos sólidos?
- Situação do Brasil em relação aos resíduos sólidos.
- Como são classificados os resíduos?
- O que é um lixão?
- O que é um aterro controlado?
- O que é um aterro sanitário?
- Quais são os estudos necessários para construção de aterro sanitário?
- O que são usinas de triagem e compostagem?
- O que é coleta seletiva?
- Qual é a importância da reciclagem?
- Como é feita a reciclagem de matéria orgânica?
- Como é feita a reciclagem de outros materiais?
- O que é feito com resíduos de estabelecimentos de saúde?
- O que é o chorume?
- Como é feito o monitoramento das águas superficiais e subterrânea?
- Quais os riscos de um aterro sanitário?
- Quais os cuidados a serem tomados?

Além das visitas feitas no aterro, com o acompanhamento dos monitores, sugere-se ainda que sejam realizados trabalhos juntamente com a comunidade local, com o apoio das associações de moradores, realizar reuniões e palestras, esclarecendo a população sobre os benefícios e cuidados a serem tomados com relação a um aterro sanitário.

O trabalho de educação ambiental deve ser realizado com o apoio da prefeitura do município, mesmo que o aterro seja administrado por uma concessionária. Em conjunto com a prefeitura, a equipe de educação ambiental poderá usar recursos da mídia, como rádio, televisão e internet, para difundir informações sobre o aterro e promover campanhas para coleta seletiva e reciclagem.

Outra estratégia de educação ambiental é a implantação do Museu do Lixo, o qual pode ser montado em uma área do próprio aterro, um galpão ou uma sala. Nele devem ser expostos materiais que chegam ao aterro como lixo, mas que podem se transformar em arte

ou que poderiam ser reutilizados. Faz parte desse trabalho a triagem de materiais para serem expostos no museu.

4.5 - PROGRAMA DE SEGURANÇA

MANUTENÇÃO DO ISOLAMENTO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO

Com o encerramento de suas atividades o aterro sanitário deverá receber melhorias nos equipamentos de isolamento da área contra invasão de pessoas e animais. Esta medida justifica-se pelos riscos de acidentes em razão da formação de biogases, principalmente o metano dada a sua elevada capacidade de combustão. Danos nos bicos dos queimadores de metano, explosões, queda nos taludes, são alguns exemplos de acidentes que podem acometer às pessoas, sobretudo crianças que, inadvertidamente invadem a área do aterro. No sentido de evitar acidentes com pessoas, propõe-se o isolamento com cerca do tipo alambrado (Figura 68) e instalação de diversas placas de advertência com o aviso de:

- Proibida a entrada de pessoas sem autorização
- Área com risco de explosões



Figura 68: Exemplo de cerca tipo alambrado.
Fonte: Trabalhos realizados com alambrado, [200?].

Por tratar-se de uma área de grande extensão pode haver invasões, que são facilitadas quando a movimentação de pessoas e máquinas no aterro diminui após o encerramento. Por isso, além do cercamento da área, é necessário que um funcionário faça a vigilância do aterro.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração e disposição dos resíduos sólidos urbanos tem sido um problema observado em muitas cidades no Brasil e no restante do mundo. A má gestão dos resíduos domiciliares pode ocasionar graves problemas ambientais, como contaminação de aquíferos ou rios que podem ser responsáveis pelo abastecimento de municípios inteiros, poluição do solo e ar e proliferação de doenças.

Muitas cidades brasileiras ainda utilizam formas inadequadas de disposição de resíduos, como lixões e vazadouros a céu aberto, no entanto, nos últimos anos tem-se observado um aumento nas iniciativas municipais para dispor corretamente os resíduos domiciliares, seja de forma consorciada com outros municípios ou não. O aterro sanitário representa a maneira mais adequada, sob o ponto de vista sócio-ambiental, de disposição de resíduos sólidos urbanos.

São desenvolvidos inúmeros estudos sobre aterros sanitários, no entanto, não são observados na mesma proporção estudos sobre o encerramento deles, mesmo sabendo que, quando encerrados, a degradação dos resíduos continua gerando gases e líquidos contaminantes que podem ocasionar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, instabilidade do maciço sanitário e até problemas mais graves de rupturas com conseqüente deslocamento de massa de solo e resíduos. Por isso, é necessário que o monitoramento se estenda por muitas décadas após a desativação dos aterros até que a massa de resíduos esteja estabilizada, além disso, ao ser encerrado o aterro sanitário precisa apresentar um plano que contemple as ações necessárias para o monitoramento pós-encerramento e medidas corretivas.

Pesquisas bibliográficas e visitas de campo feitas nos aterros de Belo Horizonte-MG, Santa Bárbara-SP, Bandeirantes-SP e de Uberlândia-MG, forneceram subsídios para a elaboração de propostas de monitoramento e medidas corretivas dos problemas correntes em aterros sanitários, apresentadas sob a forma de cinco programas: Programa de Adequação Ambiental, Programa de Inspeção, Monitoramento e Ações Emergenciais, Programa de

Treinamento de Pessoal, Programa de Educação Ambiental e Programa de Segurança. Estes programas contemplam as ações que devem ser executadas em aterros sanitários após o seu encerramento visando à segurança ambiental do local e também proteção à população próxima.

A partir do desenvolvimento dessas propostas foi elaborado um **Manual Técnico de Medidas Preventivas e Corretivas para Aterros Sanitários Encerrados**. O manual foi elaborado com uma linguagem acessível e informal, que possa servir na prática aos profissionais envolvidos nos trabalhos de encerramento dos aterros, fornecendo subsídios para que a administração do empreendimento possa realizar o monitoramento pós-encerramento. A versão do manual apresentada é uma versão prévia, que estará sujeita a alterações gráficas antes de ser amplamente divulgado, para que tome de fato, o formato de uma cartilha. O intuito é divulgar o manual entre prefeituras e órgãos ambientais, para que estes como órgãos responsáveis por aterros sanitários possam levar aos empreendimentos um documento orientativo quanto aos trabalhos de monitoramento e medidas corretivas em aterros já encerrados.

Entre os resultados alcançados, foram apresentadas as fichas de inspeção para monitoramento de aterros sanitários encerrados, como descrito no capítulo 4 – Resultados e Discussões, desta dissertação. Essas fichas apresentam os principais aspectos a serem observados nos trabalhos de vistoria nos aterros sanitários, sendo que o preenchimento delas está relacionado a uma legenda que propõe a magnitude (Insignificante, Pequena, Média e Grande) e o nível de perigo (Nenhum, Atenção, Alerta e Emergência) de cada anomalia constatada nas vistorias. Sugere-se como continuidade do trabalho realizado, o aperfeiçoamento da metodologia adotada nessas fichas, de maneira a propor a mensuração da magnitude e do nível de perigo de cada item apresentado como anomalia a ser vistoriada através das fichas de inspeção. Esse trabalho seria complementar, no sentido de tornar menos abstrata a constatação destes itens, propondo valores ou situações comuns que determinariam objetivamente a magnitude e o nível de perigo das anomalias verificadas em campo. Para tanto podem ser necessários, entre outros:

- A realização de diversos trabalhos de campo em aterros sanitários com o objetivo de colher informações e detectar situações comuns verificadas quando da ocorrência de cada anomalia,
- A realização de ensaios de campo e laboratório.

Com a conclusão do trabalho pretende-se também, levantar mais discussões sobre os aterros após o final de suas operações e chamar atenção para os riscos envolvidos com a má gestão desses empreendimentos mesmo quando não estão mais em funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P., KAN, L. **Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos**. Diálogos & Ciência — Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano III, n. 5, jun. 2005. Disponível em: < <http://www.ftc.br/revistafsa>>. Acesso em 14 de jun. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2003**. [S.l], 2003. 64 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. [S.l], 2009. 210 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849:1985 - Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos** - Procedimento. Rio de Janeiro – RJ, 1985. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419:1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro – RJ, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10703:1989 – Degradação do Solo**. Rio de Janeiro – RJ, 1989. 45 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.896:1997 - Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação, coloca como objetivos do plano de encerramento de aterros de resíduos**. Rio de Janeiro – RJ, 1997. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004 - Resíduos Sólidos: classificação**. Rio de Janeiro – RJ, 2004. 77 p.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 248 p.

CASTRO, M. S. M. V. **Uma Análise Comparativa do Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares em Uberlândia**. 1998. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 1998.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F.; BATISTA, H. P. Caracterização dos líquidos lixiviados gerados em uma das células do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. **24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Belo Horizonte - MG, 2007.

CEPOLLINA, M. et. al. Monitoramento em aterros sanitários durante a operação: desempenho mecânico e ambiental. **Resid' 2004 – II Seminário sobre Resíduos Sólidos**. São Paulo, 2004.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decisão de Diretoria Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em 15 de setembro/2009.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

CONRAD, L. **Closure of the Britannia Sanitary Landfill Site** – Is it the end or just the beginning?. Cardiff, 2004. 33 diapositivos.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa nº118 de 27 de junho de 2008. Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências. **Diário do Executivo**. Minas Gerais. 01 de jul. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em 15 de janeiro de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/pesquisas/rad.html>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2010.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica - RJ: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 174).

FARIA, C. **Destinação de Resíduos**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ecologia/destinacao-de-residuos/#>>. Acesso em: 10 de setembro de 2009. [S.l]. 28 jul. 2009.

FERREIRA, A. P. et. al. **Uso de Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio na Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de Areia no Pólo Produtor de Seropédica – Itaguaí**. Seropédica/RJ: Embrapa Agrobiologia. 2007. 31 p. (Documentos / Embrapa Agrobiologia, ISSN 1517-8498; 236).

FÓRUM Continuado de Energia. [S.l]:Unibanco, 2004. 13 diapositivos.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

JACOBI, P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, março/ 2003.

JACOBI, P. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2. Mai./ago. 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022005000200007>. Acesso em: 10 de maio de 2009.

JORGE, F. N.; BAPTISTI, E. de; GONÇALVES, A. Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e recuperação: Desempenhos mecânico e ambiental. **Resid' 2004 – II Seminário sobre Resíduos Sólidos**. São Paulo, 2004.

MARCHI, C. M. D. F.; BARBOSA, J. S. F. **Possibilidades e Limitações da Utilização de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo em Aterros Sanitários Compartilhados no Estado da Bahia**. 2007. Disponível em <<http://www.observapoliticas.adm.ufba.br/files/sibraden.pdf>>. Acesso em 17 de maio de 2009.

TRABALHOS realizados com alambrado. [200?]. Disponível em: <<http://www.masterprotecao.com.br/trabalhos-alambrado.html>>. Acesso em 16 de maio de 2010.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL E SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA. Proágua Semi-Árido. **Manual de preenchimento de fichas de inspeção de barragens**. Brasília – DF. Abril/2004.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS. Lixão do Município de Caldazinha – GO. 2009. Disponível em <<http://www.mp.go.gov.br/portalweb/conteudo.jsp?page=11&pageLink=1&conteudo=noticia/d4fcc9866fa1d2541c621f036bf75328.html>>. Acesso em: 01 de março 2009.

O'LEARY, P e WALSH, P. **Landfill closure and long-term care**. Solid Waste Landfills Independent Study Course. University of Wisconsin-Madison. Madison, [entre 1991 e 1992].

PIRES, L. 'Lixão' de Bulhões deve virar aterro sanitário em 2010. **Diário do Vale**. [S.l], 20 fev. 2010. Disponível em: <<http://www.diariodovale.com.br/noticias/17293,print.html>>. Acesso em: 01 de março 2009.

RESENDE, A. S. de. et. al. Recuperação de áreas degradadas através da reengenharia ecológica. In: GARAY, I.; BECKER, B. K. **Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI**. Petrópolis: Editora Vozes, 2006. p. 315-340.

RETTENBERGER, G. **Strategies and Examples of Landfill Closure**. Fachhochschule Trier, University of applied Science, [200-]. 20 diapositivos.

SOUZA, Kally Alves de. **Novas Perspectivas da Gestão de Resíduos Sólidos em Araguari-MG pela Coleta Diferenciada Associada à Compostagem**. 2004. 103 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2004.

Magalhães, Allan de Freitas. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos**: Estudo de Caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG. 2005. 169 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 2005.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO

Nome do empreendimento:

Cidade/Estado:

Nome do responsável:

Nome da pessoa que respondeu o questionário:

Cargo da pessoa que respondeu o questionário:

1- Quando o aterro iniciou sua operação e quando finalizou?

Início:

Fim:

2- É feito monitoramento da área pós-encerramento?

a. Sim

b. Não

3- Qual a cota final do aterro?

4- Qual a quantidade de resíduos disposta da área?

5- O que é monitorado na área pós-encerramento?

a. Cobertura vegetal

b. Recalques

c. Percolados

d. Biogases

e. Ar

f. Cobertura final

g. Outros

6- Qual a previsão do tempo de monitoramento pós-encerramento?

7- Como foi executada a cobertura final do aterro? Qual a espessura?

8- Foi feita a impermeabilização da base? Caso sim, de que forma?

a. Sim

b. Não

- 9- Existe uma área de amortecimento no entorno do aterro? Ou seja, uma área de isolamento com cobertura vegetal, que serve também para minimizar o impacto visual e aumentar a segurança. Caso sim, como ela é?
- a. Sim

 - b. Não
- 10- Foi feito treinamento dos funcionários que iriam trabalhar na área pós-encerramento? Caso sim, que tipo de treinamento?
- a. Sim

 - b. Não
- 11- Existe programa de educação ambiental em execução ou previsto, para trabalhar com a população mesmo após o encerramento das operações no aterro? Caso sim, o que será feito neste programa?
- a. Sim

 - b. Não
- 12- Alguma atividade ainda está ativa no aterro?
- a. Sim
 - i. compostagem
 - ii. estação de transbordo
 - iii. células de resíduos inertes
 - iv. reciclagem de resíduos de construção civil
 - v. captação de biogás
 - vi. outras
 - b. Não

- 13- Considerando que o aterro torna-se uma área estéril e monótona pós-encerramento, como é a relação da comunidade local com o empreendimento?
- a. Aceitação
 - b. Rejeição
 - c. Preocupação
 - d. Não opinam
- 14- Já ocorreram invasões de pessoas na área do aterro?
- a. Sim
 - b. Não

15- Existe alguma empresa que faz o aproveitamento do biogás? Com que finalidade?

a. Sim

b. Não

16- Com relação aos equipamento/instrumentos de monitoramento, de quais destes o aterro dispõe? Qual a condição de conservação?

a. Medidores de nível d'água

i. Bons

ii. Danificados

b. Marcos para monitoramento de movimentação

i. Bons

ii. Danificados

c. Drenos para percolados

i. Bons

ii. Danificados

d. Unidade de tratamento de percolados

i. Bons

ii. Danificadas ou inoperante

e. Medidores do nível de percolados

i. Bons

ii. Danificados ou inoperantes

f. Drenos para biogás

i. Bons

ii. Danificados ou inoperantes

g. Queimadores de biogás

i. Bons

ii. Danificados ou inoperantes

h. Cercas de isolamento dos queimadores de biogás

i. Boas

ii. Danificadas

i. Equipamentos de isolamento do aterro (cercas)

i. Bons

ii. Danificados

j. Canaletas para drenagem pluvial

i. Boas

ii. Danificadas

- k. Placas indicativas de riscos de explosão/acidentes
 - i. Boas
 - ii. Danificadas
- l. Pluviômetro
 - i. Bom
 - ii. Danificado

17- Com relação às anomalias que podem ocorrer na **ÁREA DE RECEBIMENTO DE RESÍDUOS** (topo e taludes) quais dessas já foram detectadas no aterro pós-encerramento e qual ação foi tomada?

a. Erosões

b. Fissuramentos

c. Escorregamentos

d. Recalques

e. Sinais de deslocamento

f. Bermas com sinais de erosão

g. Afundamentos e buracos

h. Crescimento anormal de árvores e arbustos

i. Exsudação de chorume

j. Canaletas quebradas ou obstruídas

k. Falhas no recobrimento dos resíduos

l. Falhas na cobertura vegetal

m. Invasão por animais domésticos

n. Nível dos percolados acima no normal

o. Outras

18- Com relação às anomalias que podem ocorrer na área **DO ENTORNO** do aterro, quais dessas já foram detectadas? Qual ação foi proposta?

a. Isolamento (cerca) inexistente ou danificado

b. Invasões em áreas de amortecimento ou de preservação

c. Lançamento clandestino de lixo ou de resíduos da construção civil

d. Erosões

e. Movimentos de massa (escorregamentos)

f. Assoreamento

g. Desmatamento da área do entorno próximo

h. Queimadas no limite do aterro

i. Animais domésticos no entorno próximo

j. Ausência de aceiros no perímetro do aterro

k. Placas de advertência ausentes ou danificadas

l. Ausência ou destruição de cortina vegetal

Se possível encaminhe fotos do empreendimento.

Muito Obrigada!

Anne Karoline Alves
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Uberlândia

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO RESPONDIDO: ATERRO SANITÁRIO SÍTIO SÃO JOÃO – SÃO PAULO/SP

QUESTIONÁRIO

Nome do empreendimento: Aterro Sanitário Sítio São João

Cidade/Estado: São Paulo - SP

Nome do responsável: EcoUrbis Ambiental S.A

Nome da pessoa que respondeu o questionário: Juliana Maldonado Lino

Cargo da pessoa que respondeu o questionário: Engenheira Civil Pleno

19- Quando o aterro iniciou sua operação e quando finalizou?

Início: *dez/1992*

Fim: *out/2009*

20- É feito monitoramento da área pós-encerramento?

a. Sim (x)

b. Não

21- Qual a cota final do aterro?

De acordo com o plano de encerramento, que foi protocolado junto à CETESB a cota final do aterro é 960,4.

22- Qual a quantidade de resíduos disposta na área?

29.000.000 de toneladas

23- O que é monitorado na área pós-encerramento?

a. Cobertura vegetal

b. Recalques (x)

c. Percolados (x)

d. Biogases (x)

e. Ar

f. Cobertura final

g. Outros: Monitoramento do lençol freático e águas superficiais, pluviometria e vazão.

24- Qual a previsão do tempo de monitoramento pós-encerramento?

Após o encerramento do Aterro Sanitário a previsão de monitoramento é de 20 anos.

25- Como foi executada a cobertura final do aterro? Qual a espessura?

A cobertura final do aterro foi executada com uma camada de 0,60m à 1m de espessura de solo silte argiloso e cobertura vegetal com grama tipo batatais, além do sistema de drenagem de águas pluviais.

26- Foi feita a impermeabilização da base? Caso sim, de que forma?

a. *Sim. A impermeabilização foi feita através de uma manta de PEAD (Polietileno de alta densidade), a qual foi soldada na base de todo o Aterro, após a impermeabilização foi feito drenos horizontais para a captação do chorume e drenos verticais para captação do biogás.*

b. Não

27- Existe uma área de amortecimento no entorno do aterro? Ou seja, uma área de isolamento com cobertura vegetal, que serve também para minimizar o impacto visual e aumentar a segurança. Caso sim, como ela é?

a. *Sim. Foi realizada uma Barreira Vegetal com plantio de espécies arbóreas nativas da mata atlântica do planalto paulistano*

b. Não

28- Foi feito treinamento dos funcionários que iriam trabalhar na área pós-encerramento? Caso sim, que tipo de treinamento?

a. *Sim. Foi realizada integração dos funcionários a respeito da nova área, avaliação preliminar de risco e treinamento operacional.*

b. Não

29- Existe programa de educação ambiental em execução ou previsto, para trabalhar com a população mesmo após o encerramento das operações no aterro? Caso sim, o que será feito neste programa?

a. *Sim*

Temos o Programa Ver de Perto, que tem como objetivo explicar a operação do aterro sanitário, a diferença entre aterro sanitário e lixões, a redução de resíduos sólidos e a importância da reciclagem. Nosso público alvo são as crianças e suas famílias do entorno do Aterro Sanitário Sítio São João.

Em 2008, recebíamos as visitas no Aterro Sanitário, onde fazíamos a palestra no auditório e após visitávamos a operação do Aterro, em 2009 agendamos a visita nas escolas da região de preferência da rede pública de ensino, realizamos as palestras usando imagens para ilustrar a operação do Aterro Sanitário, esclarecer as dúvidas e incentivar a participação de todos na coleta seletiva.

b. Não

30- Alguma atividade ainda está ativa no aterro?

- a. Sim
 - i. compostagem
 - ii. estação de transbordo (x)
 - iii. células de resíduos inertes
 - iv. reciclagem de resíduos de construção civil
 - v. captação de biogás (x)
 - vi. outras: *Operação de um Viveiro de Mudas Nativas – EcoÍris- onde é produzido mudas nativas do planalto paulistano afim de suprir as necessidades de reposição e plantio dos projetos de compensação ambiental, tanto do Aterro Sanitário Sítio São João , que está encerrado , como os projetos do novo empreendimento CTL-Central de Tratamento de Resíduos Leste, um novo Aterro Sanitário que está em fase de licenciamento.*
- b. Não

31- Considerando que o aterro torna-se uma área estéril e monótona pós-encerramento, como é a relação da comunidade local com o empreendimento?

- a. Aceitação (x)
- b. Rejeição
- c. Preocupação
- d. Não opinam

32- Já ocorreram invasões de pessoas na área do aterro?

- a. Sim
- b. Não (x)

33- Existe alguma empresa que faz o aproveitamento do biogás? Com que finalidade?

- a. Sim
A Empresa São João Energia Ambiental – Biogás responsável pela captação do biogás, geração de energia elétrica e créditos de carbono.
- b. Não

34- Com relação aos equipamentos/instrumentos de monitoramento, de quais destes o aterro dispõe? Qual a condição de conservação?

- a. Medidores de nível d'água
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados
- b. Marcos para monitoramento de movimentação
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados
- c. Drenos para percolados
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados

- d. Unidade de tratamento de percolados
 - i. Boa
 - ii. Danificada ou inoperante
Todo líquido percolado (chorume) é captado, bombeado para dois reservatórios e transportado para estação de tratamento da Sabesp, onde é tratado.
- e. Medidores do nível de percolados
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados ou inoperantes
- f. Drenos para biogás
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados ou inoperantes
- g. Queimadores de biogás
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados ou inoperantes
- h. Cercas de isolamento dos queimadores de biogás
 - i. Boas
 - ii. Danificadas
Os drenos verticais são adaptados para a captação do biogás
- i. Equipamentos de isolamento do aterro (cercas)
 - i. Bons (x)
 - ii. Danificados
- j. Canaletas para drenagem pluvial
 - i. Boas (x)
 - ii. Danificadas
- k. Placas indicativas de riscos de explosão/acidentes
 - i. Boas (x)
 - ii. Danificadas
- l. Pluviômetro
 - i. Bom (x)
 - ii. Danificado

35- Com relação às anomalias que podem ocorrer na **ÁREA DE RECEBIMENTO DE RESÍDUOS** (topo e taludes) quais dessas já foram detectadas no aterro pós-encerramento e qual ação foi tomada?

- a. Erosões
Difícilmente ocorre, pois o Aterro possui uma eficiente drenagem de água superficial e sua cobertura é totalmente preenchida com grama tipo batatais. Quando detectado este tipo de sinais é feita a reconformação da área.
-

b. Fissuramentos

c. Escorregamentos

d. Recalques

Através das leituras dos marcos superficiais monitoramos os recalques que se apresentam plenamente aceitáveis considerando a estrutura e a idade do Aterro Sanitário.

e. Sinais de deslocamento

Através das leituras dos marcos superficiais e inclinômetros monitoramos os deslocamentos que se apresentam plenamente aceitáveis considerando a estrutura e a idade do Aterro Sanitário.

f. Bermas com sinais de erosão

Ver item (a)

g. Afundamentos e buracos

h. Crescimento anormal de árvores e arbustos

Diariamente é realizada a poda da grama, o que evita o crescimento anormal de árvores e arbustos.

i. Exsudação de chorume

Não ocorre devido o Aterro Sanitário possuir um eficiente sistema de drenagem de percolado.

j. Canaletas quebradas ou obstruídas

Quando ocorrem são logo substituídas por canaletas novas e em bom estado

k. Falhas no recobrimento dos resíduos

l. Falhas na cobertura vegetal

m. Invasão por animais domésticos

Quando ocorre são conduzidos para a área externa do Aterro.

n. Nível dos percolados acima no normal

Ver item (i)

o. Outras

36- Com relação às anomalias que podem ocorrer na área **DO ENTORNO** do aterro, quais dessas já foram detectadas? Qual ação foi proposta?

a. Isolamento (cerca) inexistente ou danificado

b. Invasões em áreas de amortecimento ou de preservação

c. Lançamento clandestino de lixo ou de resíduos da construção civil

d. Erosões

e. Movimentos de massa (escorregamentos)

f. Assoreamento

g. Desmatamento da área do entorno próximo

Acionamento dos bombeiros e da polícia ambiental.

h. Queimadas no limite do aterro
Acionamento do corpo de bombeiros.

i. Animais domésticos no entorno próximo

j. Ausência de aceiros no perímetro do aterro

k. Placas de advertência ausentes ou danificadas

l. Ausência ou destruição de cortina vegetal

Se possível encaminhe fotos do empreendimento.

Muito Obrigada!

Anne Karoline Alves
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Uberlândia

APÊNDICE C

MANUAL TÉCNICO DE MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS PARA ATERROS SANITÁRIOS ENCERRADOS

Apresentação

Após o encerramento das operações de um aterro sanitário, o processo de decomposição dos resíduos pode se estender por algumas décadas. Assim, a produção de biogases e de líquidos percolados não é interrompida com o final de aporte de resíduos ao aterro. Paralelamente, a decomposição contínua dos resíduos, especialmente a sua parte orgânica, leva à redução de volume do aterro como um todo e, conseqüentemente à movimentos de recalque. Alterações na conformação da superfície incidem tanto nos taludes quanto na porção de topo, passam a se manifestar sob a forma de depressões e rupturas que afetam os resíduos dispostos e a camada de cobertura final.

Alterações na configuração da superfície modificam a drenagem de águas pluviais, as quais passam a acumular nas depressões e seguir por caminhos preferenciais oferecidos pelas fraturas na camada de cobertura final, aumentando o volume de percolados.

A ausência de inspeção periódica e de medidas reparadoras de problemas decorrentes de eventos diversos pode resultar em sérios problemas de estabilidade do maciço de resíduos, culminando com movimentos de massa junto aos taludes (deslizamento de resíduos e solo), erosão, vazamento de percolados e de biogases, dentre outros.

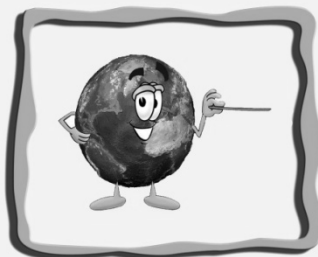
Em vista disso, é fundamental adotar medidas que envolvam a inspeção periódica, identificação e documentação dos eventos e dos problemas, definição e implementação de medidas reparadoras. A não observância dos eventos e dos problemas por eles gerados pode resultar em acidentes envolvendo o meio ambiente por meio de contaminação solo, água e ar; e a sociedade como um todo mediante riscos a saúde de pessoas, perdas materiais e inviabilização dos usos de recursos naturais.

Com o objetivo de auxiliar os trabalhos de encerramento em aterros sanitários, e fornecer subsídios para que a administração do aterro possa elaborar o plano de encerramento, foi desenvolvido este **Manual para Monitoramento, Medidas Corretivas e Ações Emergenciais em Aterros Sanitários Encerrados ou em Fase de Encerramento**, que visa nortear todos os envolvidos no processo de encerramento de um aterro sanitário evitando falhas e otimizando os resultados.

Nele serão apresentados cinco programas que contemplam o monitoramento, as medidas corretivas e as ações emergenciais em aterros pós-encerramento.

Para facilitar sua leitura, teremos a ajuda do Sr. Planetinha!





159

PROGRAMA DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL



166

PROGRAMA DE INSPEÇÃO, MONITORAMENTO E
AÇÕES EMERGENCIAIS



196

PROGRAMA DE TREINAMENTO DE PESSOAL



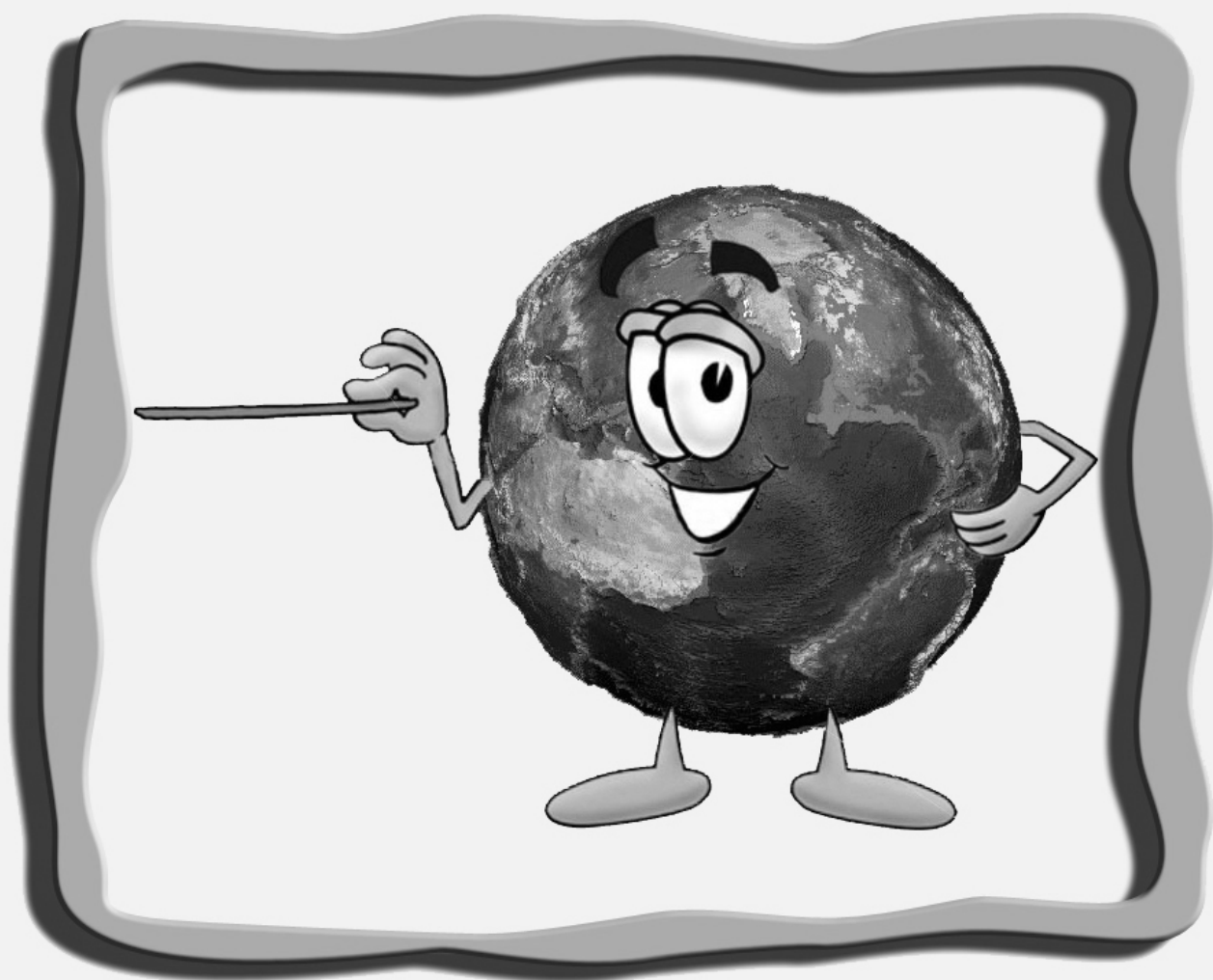
198

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL



201

PROGRAMA DE SEGURANÇA



PROGRAMA DE ADEQUAÇÃO
AMBIENTAL

1-PROGRAMA DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL

O **Programa de Adequação Ambiental** é composto por cinco ações referentes à prevenção, recuperação e medidas mitigadoras para a área do aterro, área de empréstimo e áreas do entorno.

São elas:

1. Recobrimento final do aterro sanitário

- A cobertura final do aterro sanitário deve ser impermeável e em geral, composta por solo de cultivo, solo argiloso e, por critérios de projeto específico, o uso de geomembranas e drenagem de líquidos e gases.



Figura 01: Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) usada para impermeabilização do solo no aterro.

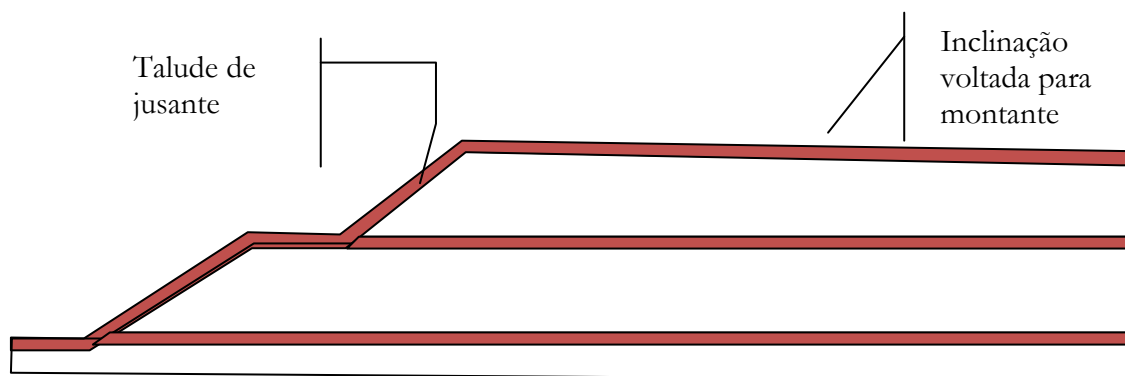
Fonte: A autora, 2009.

- Quando a camada de solo argiloso representar ao mesmo tempo, a camada impermeável e de cultivo, é recomendável que ela tenha no mínimo 60 cm de espessura.

- A cobertura impermeável superior necessitará ser recomposta em determinados pontos ao longo do tempo. Problemas de recalque de parte do aterro podem favorecer o movimento do solo da cobertura final para o interior dos resíduos via deslocamentos e fissuras.

2. Conformação da superfície final do aterro

- A inclinação do aterro deverá ser no sentido montante, isto é, a água pluvial deverá ser direcionada para o sentido oposto ao dos taludes de jusante do aterro, como mostra o esquema:



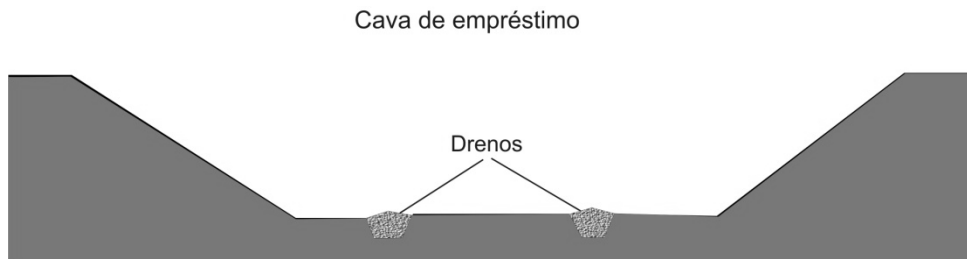
Esquema ilustrativo da inclinação adequada no aterro sanitário.

3. Recuperação de áreas de empréstimo

- Deverão ser usados resíduos selecionados da construção civil como um meio para re-conformação do relevo e possibilidade de uso futuro das áreas de empréstimo.
- Esse trabalho deve seguir as seguintes etapas:

1. Implantação de drenos para águas de percolação na base das cavas – os drenos terão a função de conduzir as águas pluviais que se infiltrarem através da massa de resíduos, para fora da área aterrada;
2. Seleção de resíduos a serem dispostos – devem ser aceitos, para disposição no local, apenas resíduos constituídos de materiais inertes provenientes da construção civil;
3. Disposição de resíduos selecionados e compactação – deverão ser compactados com o próprio trator durante o trabalho de espalhamento; nesta etapa de trabalho, materiais estranhos que possam estar presentes deverão ser segregados manualmente;
4. Recobrimento dos resíduos com uma camada de solo orgânico – quando as cavas estiverem totalmente preenchidas com resíduos, deverá ser reconstituída uma camada de solo orgânico com cerca de 60 cm de espessura;
5. Implantação da cobertura vegetal com espécies arbóreas e arbustivas sobre a área aterrada.

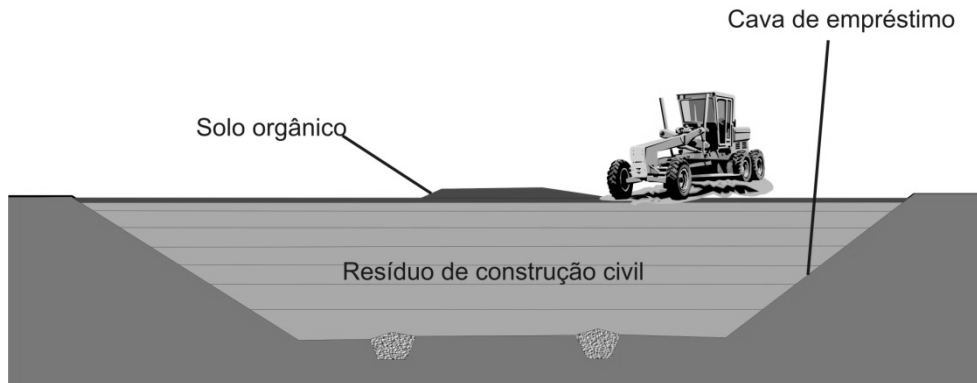
Observe a seqüência dos trabalhos a serem empreendidos na área de empréstimo para a sua reabilitação:



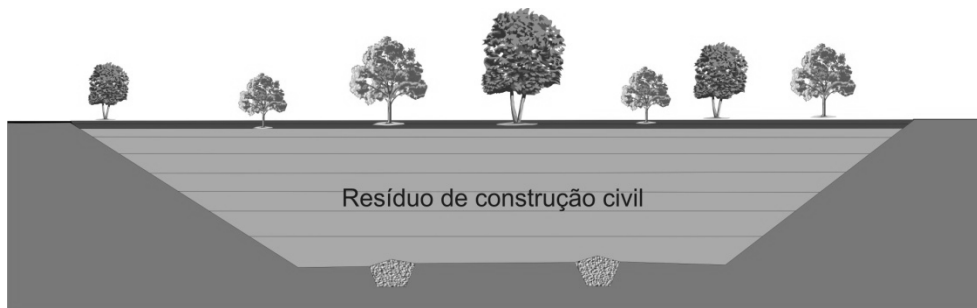
Construção de drenos para coleta de água de percolação.



Aterramento da cava com resíduo de construção civil.



Reconstituição da camada orgânica de solo.



Vegetação implantada sobre a área aterrada com resíduos da construção civil.

4. **Reconstituição da cobertura vegetal no entorno**

- Devem ser utilizadas espécies nativas, que possam de adaptar as condições climáticas e as características do solo local. Também são recomendadas espécies arbóreas, visto que, dessa maneira cria-se uma cortina vegetal que minimiza o impacto visual da área e aumenta o isolamento e segurança.

5. **Implantação de cortina vegetal**

- A cortina vegetal deve ser composta por espécies de maior porte, que possam cumprir satisfatoriamente a função de isolamento do local e impedir a passagem de resíduos que possam ser carreados pelo vento.

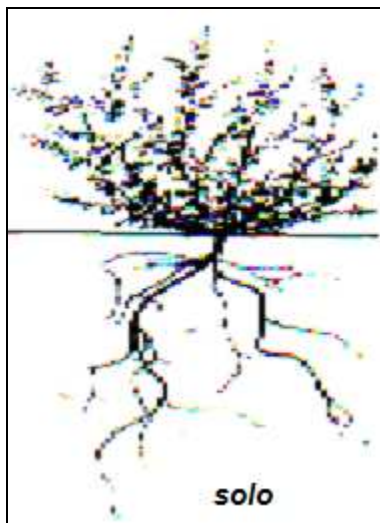
6. Implantação da cobertura vegetal no aterro

- No início da reconstituição vegetal são indicadas espécies pioneiras, pois elas estabelecem rapidamente as raízes, germinam e se desenvolvem bem em pleno sol, criando condições favoráveis para que espécies mais exigentes possam se desenvolver posteriormente.
- Também são indicadas as gramíneas que, em função de seu sistema radicular, apresentam boa resposta na conservação e estabilidade do solo em aterros sanitários
- Além das gramíneas, pode-se usar também espécies leguminosas, elas são comprovadamente eficazes na recuperação de solos degradados por serem boas fixadoras de nitrogênio no solo. Abaixo seguem alguns exemplos de espécies leguminosas que podem ser usadas de acordo com diferentes condições climáticas e do solo:

Característica da leguminosa	Espécies
Leguminosas adaptadas às baixadas úmidas	Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>) Cudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloides</i>)
Leguminosas adaptadas às condições de frio	Ervilhaca comum (<i>Vicia sativa</i>) Tremoço branco (<i>Lupinus albus</i>) Trevo branco (<i>Trifolium repens</i>) Trevo vermelho (<i>Trifolium pratense</i>)
Leguminosas adaptadas às condições de reduzida umidade do solo	Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i>) Feijão bravo do Ceará (<i>Canavalia brasiliensis</i>) Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)
Leguminosas adaptadas às condições de sombreamento	Cudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloides</i>)
Leguminosas adaptadas às condições de baixa fertilidade do solo	Amendoim forrageiro (<i>Arachis pintoi</i>) <i>Crotalaria juncea</i> Cudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloides</i>) Feijão bravo do Ceará (<i>Canavalia brasiliensis</i>) Feijão de porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) Guandu (<i>Cajanus cajan</i>) Mucuna preta (<i>Mucuna aterrima</i>) Siratro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>)

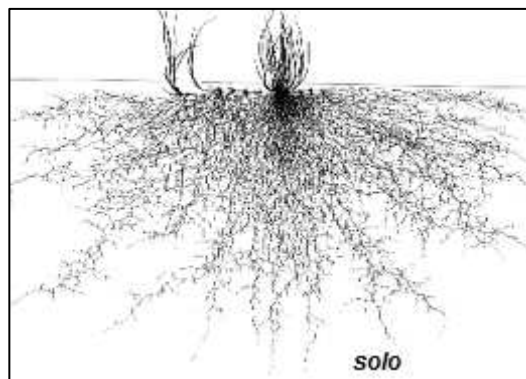
Fonte: ESPINDOLA, ALMEIDA, GUERRA, 2004.

Veja agora o aspecto geral da família das Leguminosas e das Gramíneas.



Aspecto geral da família Leguminosae

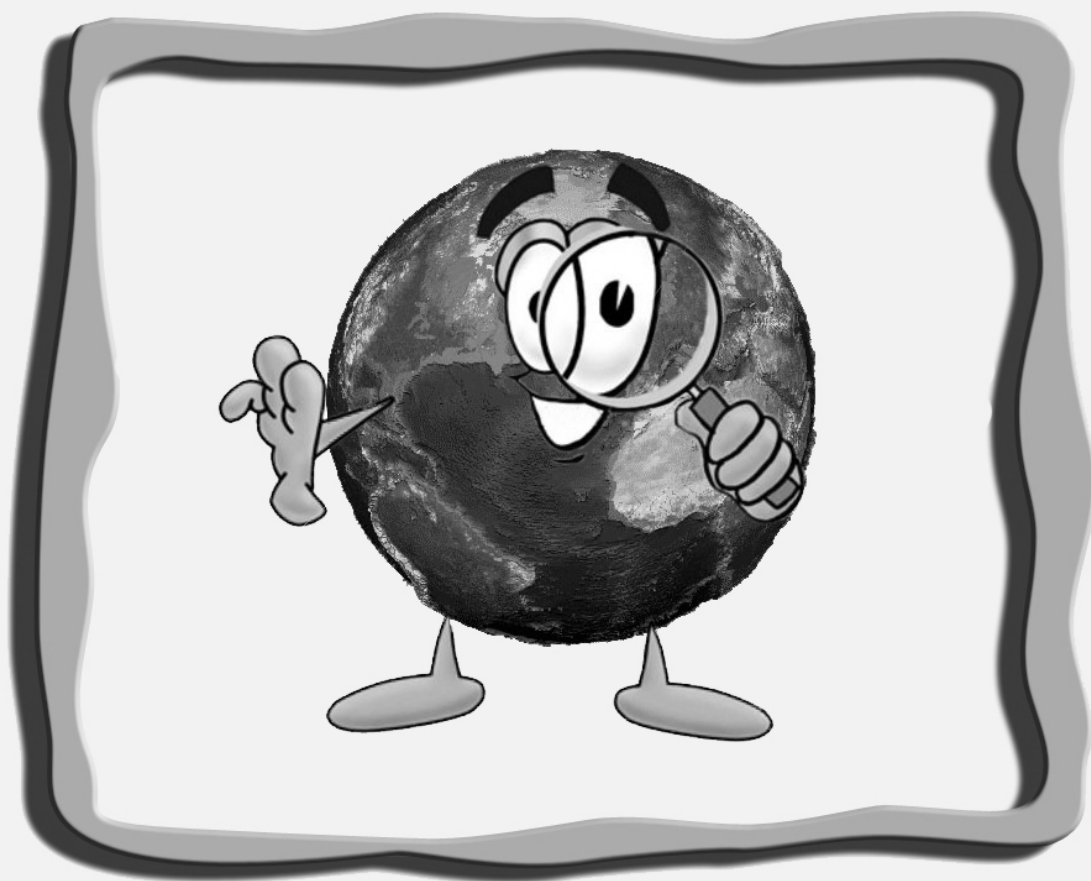
Fonte: Magalhães, A. 2005.



Aspecto geral da família Gramineae

Fonte: Magalhães, A. 2005.





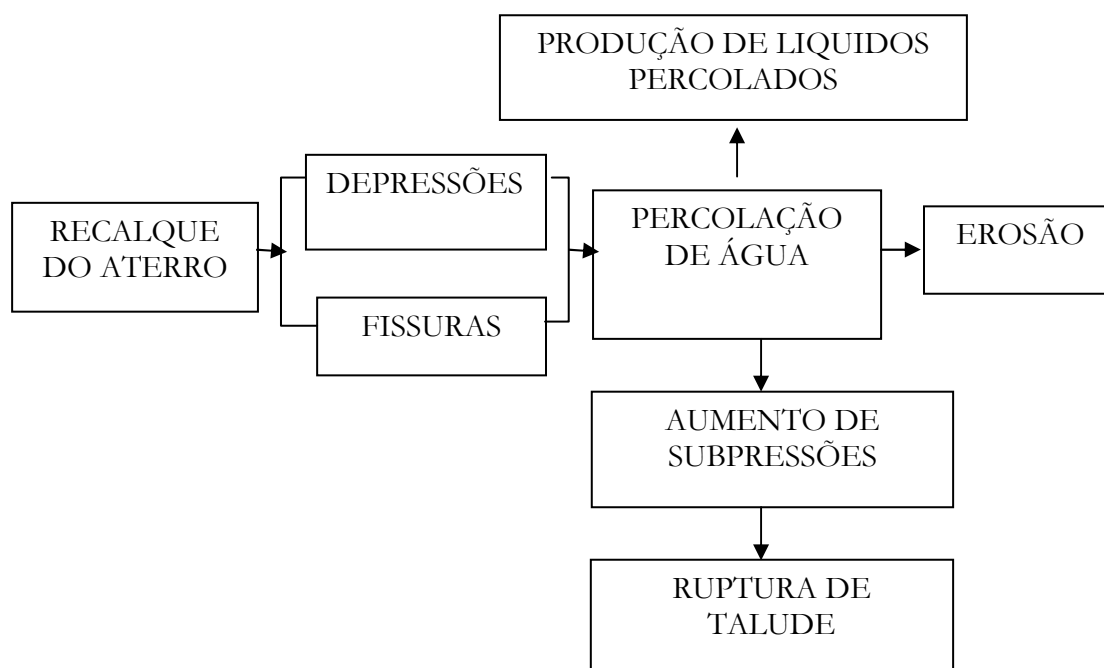
**PROGRAMA DE INSPEÇÃO,
MONITORAMENTO E AÇÕES EMERGENCIAIS**

2 - PROGRAMA DE INSPEÇÃO, MONITORAMENTO E AÇÕES EMERGENCIAIS.

O **Programa de Inspeção, Monitoramento e Ações Emergenciais**, contempla as ações de caráter prático, as quais incluem as inspeções periódicas e o monitoramento necessários para identificar áreas afetadas por problemas que podem concorrer para a instabilização do aterro e/ou contaminação do solo e das águas (superficiais e subterrâneas). Deverão compor esse programa as seguintes ações:

1. Inspeção de recalque no aterro

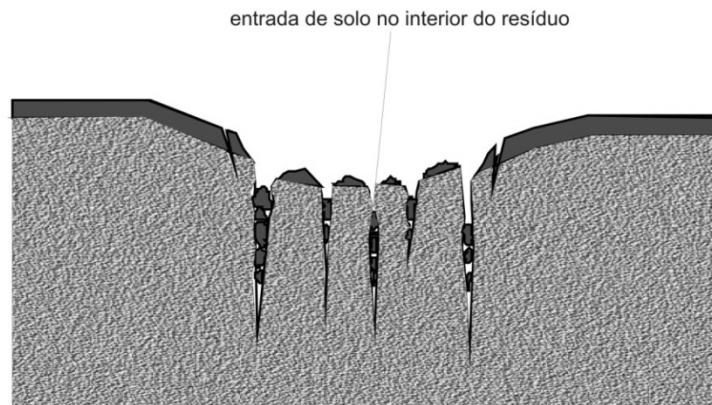
- Observe no esquema a seguir, as causas e as conseqüências de recalques no aterro:



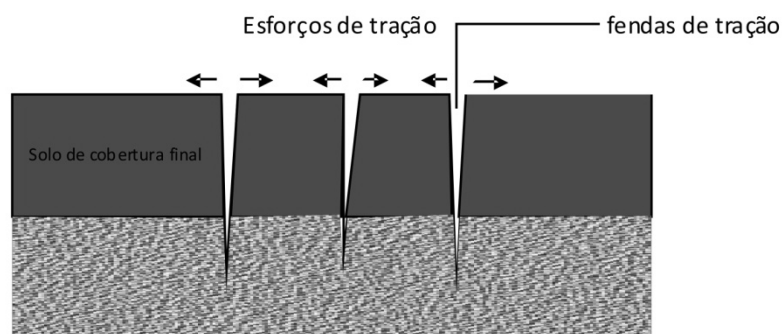
- Situações de recalque devem ser monitoradas para evitar formação de depressões na parte superior do aterro com conseqüente formação de fissuras e deslocamento na camada de solo empregado na cobertura final

2. Inspeção de fissuramento da cobertura final do aterro

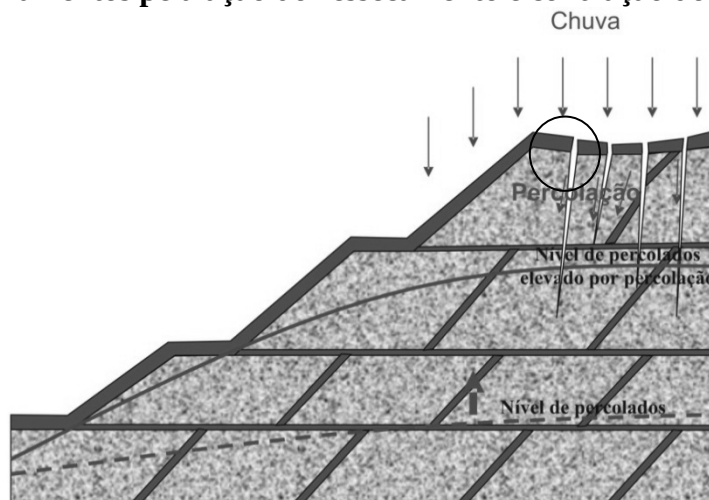
- Observe nos esquemas abaixo, as situações que necessitam ser inspecionadas provocadas por fissuramento na cobertura final do aterro.



Área de recalque com aporte de solo no interior do resíduo.



Fissuramentos pela ação do ressecamento e contração do solo argiloso.



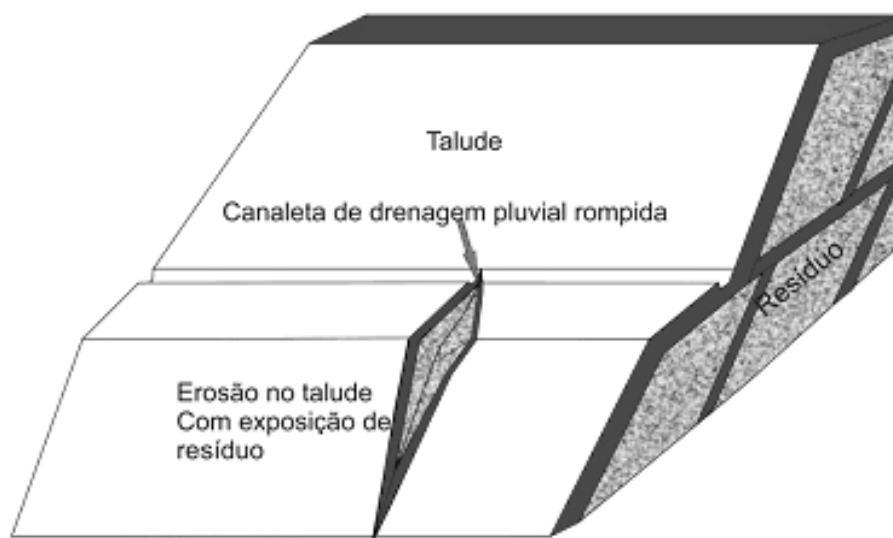
Depressão na parte superior do aterro seguido de fissuramento da camada de solo e percolação excessiva de águas pluviais.

3. Inspecção de feições erosivas

- O monitoramento das feições erosivas deve ser realizado juntamente com a inspecção das calhas de drenagem pluvial, definindo os fatores responsáveis pelo seu desenvolvimento. Uma vez constatadas as feições erosivas, estas devem ser

imediatamente contidas, principalmente se forem diagnosticadas no período chuvoso do ano, a fim de evitar danos maiores e maior custo para a recuperação da área afetada, veremos como conter as feições erosivas em **Ações Emergenciais**.

- Processos erosivos podem levar a formação de sulcos profundos, o que ocasionaria a exposição dos resíduos confinados e o seu carreamento para fora do aterro, veja a figura abaixo:



4. Monitoramento da qualidade das águas superficial e subterrânea

- As águas superficiais e subterrâneas devem ser monitoradas desde o início das operações do aterro. Com o encerramento das atividades em razão do esgotamento da vida útil, é fundamental que o trabalho de monitoramento continue até que os resíduos sólidos ali dispostos não ofereçam mais riscos à sua contaminação por meio de líquidos percolados.
- Deverá ser feito monitoramento trimestral.
- Como não há um padrão nacional que possa ser seguido para concentração de substâncias em águas subterrâneas, sugere-se a adoção dos valores orientadores para monitoramento de águas subterrâneas propostos pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) em 2005. Para água subterrânea a CETESB propõe o Valor de Intervenção, veja:

Valor de Intervenção - VI é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para a água subterrânea, considerou-se como valores de intervenção as concentrações que causam risco à saúde humana listadas na Portaria 518, de 26 de março de 2004, do Ministério da Saúde - MS, complementada com os padrões de potabilidade do Guia da Organização Mundial de Saúde - OMS de 2004, ou calculados segundo adaptação da metodologia da OMS utilizada na derivação destes padrões. Em caso de alteração dos padrões da Portaria 518 do MS, os valores de intervenção para águas subterrâneas serão conseqüentemente alterados. A área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco. Observe o quadro abaixo com as substâncias e os valores orientadores de cada uma propostos pela CETESB:

	Substância	Água Subterrânea ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
		Valor de Intervenção
Inorgânicos	Alumínio	200
	Antimônio	5
	Arsênio	10
	Bário	700
	Boro	500
	Cadmo	5
	Chumbo	10
	Cobalto	5
	Cobre	2000
	Cromo	50
	Ferro	300
	Manganês	400
	Mercurio	1
	Molibdênio	70
	Níquel	20
	Nitrato (como N)	10000
	Prata	50
	Selênio	10
	Zinco	5000
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis		
	Benzeno	5
	Estireno	20
	Etilbenzeno	300
	Toluenos	700
	Xilenos	500
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos		
	Benzo(a)antraceno	1,75
	Benzo(a)pireno	0,7
	Dibenzo(a,h)antraceno	0,18
	Fenantraceno	140
	Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,17
	Naftaleno	140

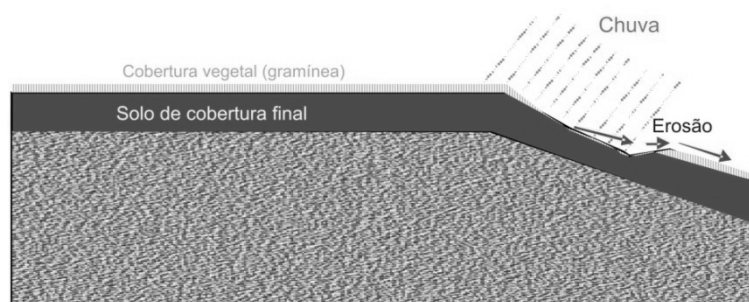
Benzeno clorados ⁽¹⁾		
	Clorobenzeno (mono)	700
	1,2-Diclorobenzeno	1000
	1,4-Diclorobenzeno	300
	1,2,3-Triclorobenzeno	(a)
	1,2,4-Triclorobezeno	(a)
	1,3,5-Triclorobenzeno	(a)
	Hexaclorobenzeno	1
Etanos clorados		
	1,1-Dicloretoano	280
	1,2-Dicloroetano	10
	1,1,1-Tricloroetano	280
Etenos Clorados		
	Cloreto de vinila	5
	1,1-Dicloroeteno	30
	1,2-Dicloroeteno – cis	(b)
	1,2-Dicloroeteno - trans	(b)
	Tricloroeteno-TCE	70
	Tetracloroeteno-PCE	40
Metanos Clorados		
	Cloreto de Metileno	20
	Clorofórmio	200
	Tetracloroeto de carbono	2
Fenóis clorados		
	2-Clorofenol (o)	10,5
	2,4-Diclorofenol	10,5
	3,4-Diclorofenol	10,5
	2,4,5-Triclorofenol	10,5
	2,4,6-Triclorofenol	200
	2,3,4,5-Tetraclorofenol	10,5
	2,3,4,6-Tetraclorofenol	10,5
	Pentaclorofenol (PCP)	9
Fenóis não clorados		
	Cresóis	175
	Fenol	140
Ésteres ftálicos		
	Dietilexil ftalato (DEHP)	8
	Dimetil ftalato	14
Pesticidas organoclorados		
	Aldrin ⁽¹⁾	(d)
	Dieldrin ⁽¹⁾	(d)
	Endrin	0,6
	DDT ⁽¹⁾	(c)
	DDD ⁽¹⁾	(c)
	DDE ⁽¹⁾	(c)
	HCH beta	0,07
	HCH – gama (Lindano)	2
PCBs		
	Total	3,5

Fonte: CETESB, 2005.

Organização: A autora

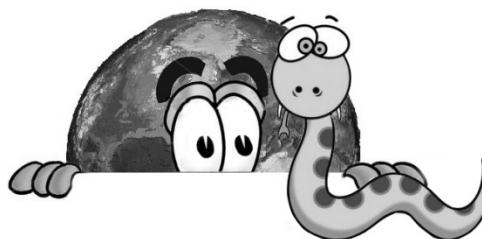
5. Monitoramento da cobertura vegetal implantada

- A cobertura vegetal implantada, seja ela constituída por gramíneas seja por espécies arbóreas e arbustivas, necessita de cuidados constantes, principalmente após o encerramento das atividades do aterro sanitário. Veja um exemplo de problema que pode ocorrer em consequência de falhas na cobertura de gramíneas ou da morte de indivíduos arbóreos.



6. Monitoramento da fauna

- Mesmo após o encerramento das operações de disposição de resíduos no aterro, algumas espécies permanecerão por algum tempo na área e no seu entorno, sobretudo cobras, aranhas e escorpiões, isso pode significar riscos de acidentes envolvendo pessoas. Nesse caso, é fundamental o monitoramento de animais peçonhentos na área de visitação do aterro.



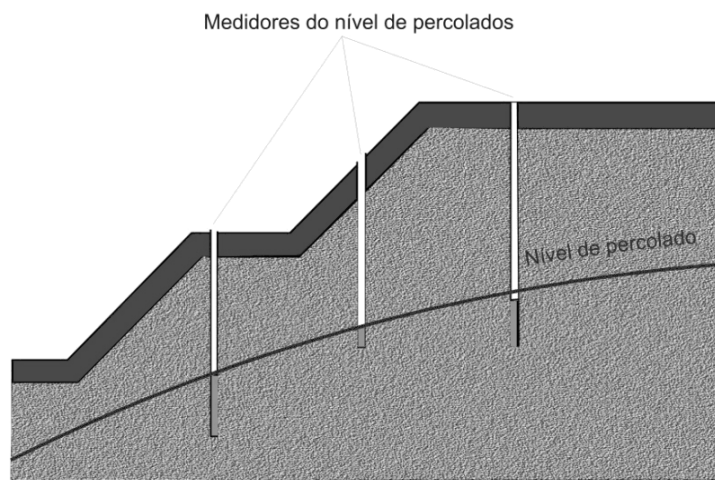
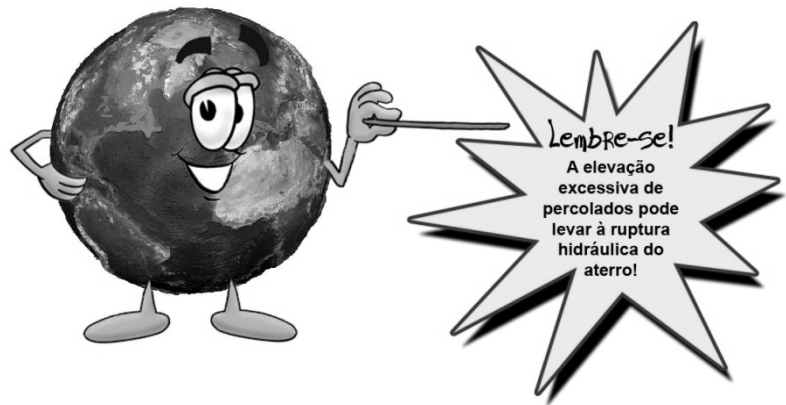
7. Monitoramento de emissões atmosféricas e qualidade do ar

- Os biogases, além de serem responsáveis pelo efeito estufa, apresentam alto poder de combustão, portanto, a sua geração no aterro, a profusão para a atmosfera e os riscos de explosões na área devem ser monitorados.
- A manutenção e inspeção dos queimadores de biogases devem ser objetos de atenção constante, até o momento que estes não mais ofereçam riscos em razão do decaimento da produção.

8. Monitoramento de gases e líquidos percolados

- O nível de percolados pode ser monitorado por meio de poços de inspeção, construídos em vários pontos do

maciço do aterro, como mostra a figura:



9. Formalização da inspeção e monitoramento

- Para auxiliar nos trabalhos de inspeção e monitoramento no aterro, foram desenvolvidas **fichas de inspeção** para o acompanhamento do monitoramento que deve ser realizado pós-encerramento. Essas fichas foram baseadas no **Manual de Preenchimento de Fichas de Inspeção de Barragens**, elaborado pelo **Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**, esse documento traz informações sobre as inspeções e avaliações que devem ser feitas em barragens, apesar de ser um manual desenvolvido para estes empreendimentos, os problemas verificados nos taludes das barragens de terra são semelhantes aos que ocorrem nos taludes dos aterros sanitários.
- As inspeções devem ser realizadas para avaliar os aspectos de segurança do maciço e os pontos onde possa haver contaminação do solo ou do lençol freático.

- Caso um item não possa ser inspecionado e o operador tiver condições de fornecer informações a respeito, no espaço para preenchimento desse item deve ser colocada essa informação e o motivo pelo qual a inspeção não pôde ser feita.



- A ficha é muito simples, basta preenchê-la marcando em cada item inspecionado, as condições em que ele se encontra, é só olhar a legenda e marcar a situação, magnitude e nível de perigo. Acompanhe o exemplo e veja como é simples:

EXEMPLO DE FICHA PARA INSPEÇÃO FORMAL DE ATERROS SANITARIOS PÓS-ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO.

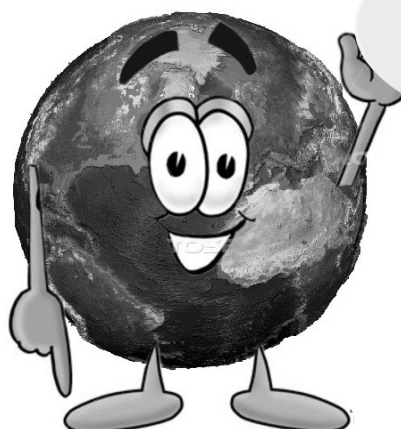
DADOS GERAIS:	
1 – Nome do empreendimento:	Aterro Sanitário de Uberlândia
2 – Coordenadas:	/
3 – Município/Estado:	Uberlândia / MG
4 – Vistoriado por:	Anne Karoline Assinatura:
5 – Cargo:	Geógrafa Empresa/ Instituição: UFU
6 – Data da vistoria:	10/05/2010 / Vistoria nº: 01
7 – Cota atual do aterro(m):	150 m

LEGENDA:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP):
NA – Este Item Não é Aplicável	I = Insignificante	0 = Nenhum
NE – Anomalia Não Existente	P = Pequena	1 = Atenção
PV – Anomalia Constatada pela Primeira Vez	M = Média	2 – Alerta
DS – Anomalia Desapareceu	G = Grande	3 - Emergência
DI – Anomalia Diminuiu		
PC – Anomalia Permaneceu Constante		
AU – Anomalia Aumentou		
NI – Este Item Não foi Inspeccionado		

A - INFRAESTRUTURA OPERACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO APÓS ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO

Localização/Anomalia – Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				NP
1	Falta de documentação sobre o aterro	NA	☒ NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	☒	P	M	G	0
2	Falta material para manutenção	NA	☒ NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	☒	P	M	G	0
3	Falta treinamento do pessoal	NA	☒ NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	☒	P	M	G	0
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	☒ PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	☒ P	M	G	1



Agora que você viu o exemplo, pode usar as fichas abaixo no seu aterro!

FICHA PARA INSPEÇÃO FORMAL DE ATERROS SANITARIOS PÓS-ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO.

DADOS GERAIS:		
1 – Nome do empreendimento:		
2 – Coordenadas: /		
3 – Município/Estado: /		
4 – Vistoriado por:		Assinatura:
5 – Cargo:	Empresa/ Instituição:	
6 – Data da vistoria / Número da vistoria:		/ Vistoria nº
7 – Cota atual do aterro(m):		

LEGENDA:

SITUAÇÃO:	MAGNITUDE:	NÍVEL DE PERIGO (NP):
NA – Este Item Não é Aplicável	I = Insignificante	0 = Nenhum
NE – Anomalia Não Existente	P = Pequena	1 = Atenção
PV – Anomalia Constatada pela Primeira Vez	M = Média	2 – Alerta
DS – Anomalia Desapareceu	G = Grande	3 - Emergência
DI – Anomalia Diminuiu		
PC – Anomalia Permaneceu Constante		
AU – Anomalia Aumentou		
NI – Este Item Não foi Inspeccionado		

SITUAÇÃO

NA – Este item Não é Aplicável: O item examinado não é pertinente ao aterro que está sendo inspecionado.

NE – Anomalia Não Existente: Quando não existe nenhuma anomalia em relação ao item que está sendo examinado, ou seja, sob o aspecto em questão, o aterro não apresenta falha ou defeito e não foge as normas.

PV – Anomalia constatada pela Primeira Vez: Quando da visita ao aterro, aquela anomalia é constatada pela primeira vez, não havendo indicação de sua ocorrência nas inspeções anteriores.

DS – Anomalia Desapareceu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia verificada na inspeção anterior, não mais está ocorrendo.

DI – Anomalia Diminuiu: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com menor intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pelo aterro.

PC – Anomalia Permaneceu Constante: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com igual intensidade, ou a mesma dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, conforme pode ser verificado pela inspeção ou informado pela pessoa responsável pelo aterro.

AU – Anomalia Aumentou: Quando em uma inspeção, uma determinada anomalia apresente-se com maior intensidade, ou dimensão, em relação ao constatado na inspeção anterior, capaz de ser percebida pela inspeção ou informada pela pessoa responsável pelo aterro.

NI – Este item Não foi Inspecionado: Quando um determinado aspecto do aterro deveria ser examinado e por motivos alheios a pessoa que está inspecionando o aterro, a inspeção não foi realizada. Neste caso, na parte reservada para comentários, deverá haver uma justificativa para a não realização da inspeção. Nesse caso se o responsável pelo aterro tiver informações a da inspeção não verificada, o técnico poderá preencher o campo “Comentários”, com essa informação.

MAGNITUDE

I = INSIGNIFICANTE: a anomalia pode simplesmente ser mantida sob observação pela Administração Local.

P = PEQUENA: quando a anomalia pode ser resolvida pela Própria Administração Local.

M = MÉDIA: anomalia que só pode ser resolvida pela Administração Local com apoio de consultores externos.

G = GRANDE: anomalia que só pode ser resolvida por Equipe de Consultores Especializada.

NÍVEL DE PERIGO

0 = NENHUM: não compromete a segurança do aterro, mas pode ser entendida como descaso e má conservação.

1 = ATENÇÃO: não compromete a segurança do aterro em curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.

2 = ALERTA: risco à segurança do aterro, portanto, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema.

3 = EMERGÊNCIA: risco de ruptura iminente do aterro, situação fora de controle.

A - INFRAESTRUTURA OPERACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO APÓS ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO

Localização/Anomalia – Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				NP
1	Falta de documentação sobre o aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Falta material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Falta treinamento do pessoal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Falta ou deficiência de placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Falta de acompanhamento da Administração Regional	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Falta de instrução para uso de equipamentos mecânicos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B – ANOMALIAS NO ATERRO

B.1 – Anomalias no talude do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				NP
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Fissuras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Recalques	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Sinais de deslocamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Bermas entre plataformas com sinais de erosão ou deslocadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Exsudação de chorume	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas de drenagem pluvial quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais silvestres	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Sinais de movimento (deslocamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Falhas no recobrimento dos resíduos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Falha na cobertura vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
15	Invasão por animais domésticos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

B.3 – Anomalias nos equipamentos do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				Np
1	Acesso precário aos instrumentos de monitoramento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Medidores de nível d'água entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Marcos para monitoramento de movimentação defeituosos ou inexistentes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Drenos para percolados obstruídos ou danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Falta instrumentação para monitoramento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Falta ou falha no registro de leituras da instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Unidade de tratamento de percolados (reator) com defeito ou inoperante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Drenos para biogás defeituosos ou danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Queimadores de biogás ausentes ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Equipamentos de isolamento do aterro (cercas) danificados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Canaletas para drenagem pluvial danificadas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Placas indicativas de riscos de explosão/acidentes ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Cercas de isolamento dos queimadores de biogás ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
13	Pluviômetro ausente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
14	Medidor do nível de percolados inexistente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

C – ANOMALIAS NO ENTORNO DO ATERRO

Anomalias no entorno do Aterro Sanitário		Situação								Magnitude				Np
1	Isolamento (cerca) inexistente ou danificado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
2	Invasões em áreas de amortecimento ou de preservação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Lançamento clandestino de lixo ou de resíduos da construção civil	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
4	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
5	Movimentos de massa (escorregamentos)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
6	Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
7	Desmatamento da área do entorno próximo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
8	Queimadas no limite do aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
9	Animais domésticos no entorno próximo	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
10	Ausência de aceiros no perímetro do aterro	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
11	Placas de advertência ausentes ou danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
12	Ausência ou destruição de cortina vegetal	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
Comentários:														

10. Procedimentos e instrumentação para inspeções

- Frequência das inspeções: para as inspeções deve ser utilizado o sistema de preenchimento de fichas de inspeção apresentadas anteriormente:
- d. No período chuvoso, a frequência de inspeções deverá ser semanal;
- e. No período de seca a frequência de inspeções poderá ser mensal.
- f. Especificamente para o talude e topo do aterro, em caso de precipitações pluviométricas de elevada intensidade (constatadas em leitura dos pluviômetros), com intensidade igual ou superior a 30 mm/h, concentrada em curto período de duração ou longa duração, independente do mês de ocorrência, deverá ser efetivada uma inspeção emergencial em toda a extensão do aterro. Esse valor pode variar em função do regime pluviométrico característico da região onde o aterro esteja localizado, é importante que seja adotado um valor que possa oferecer risco a segurança e a estabilidade do aterro.
- Inspeção dos taludes do aterro: esta porção do aterro deverá dispor dos seguintes instrumentos para monitoramento:
 - a. Pluviômetro – deverá estar localizado próximo da sede da vigilância;



Figura 02: Modelo de pluviômetro.

Fonte: Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

- b. Marcos topográficos (balizas topográficas em concreto) fixados no talude e no topo do aterro, com a finalidade de detectar possíveis deslocamentos associados a recalques, rupturas ou movimentação para jusante, com controle geodésico feito a partir de uma ou mais estações fixas. De acordo com as características do aterro, estes devem se localizar em pontos de maior criticidade.

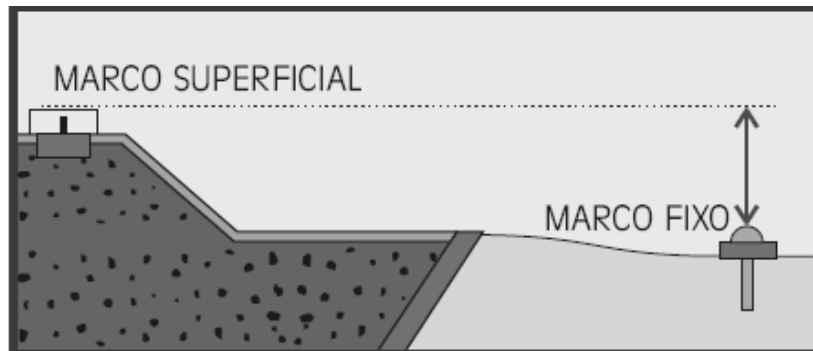


Figura 03: Marcos de movimentação.

Fonte: Governo do Estado da Bahia, Manual de Operação de Aterros Sanitários, [200?].

- c. Poços para monitoramento do nível de percolados, construídos em seções críticas do aterro, essas seções são determinadas a partir de análises de estabilidade. Dependendo da altura do nível de percolados, este fato pode representar risco de ruptura hidráulica, sobretudo quando atingir o nível crítico.
- Caso seja constatada alguma anomalia, deverão ser tomadas providências corretivas necessárias, ou dependendo do nível de perigo do problema, nível 2 ou 3 constatado em inspeções, deverão ser programadas ações emergenciais para o aterro ou na área de sua influência direta.
 - Inspeção do topo do aterro
 - o Para esta porção do aterro, assim como nos taludes, além dos medidores de nível de percolados, devem ser construídos marcos (balizas topográficas) no corpo do aterro para detectar possíveis deslocamentos, quer seja de recalque ou de movimentação para jusante, com controle topográfico feito a partir de um ou mais pontos fixos. De acordo com as características do aterro, sugere-se a instalação dos marcos nos seguintes locais:
 - Regularmente espaçados na área de topo do aterro;
 - Na borda do aterro.

- a. Outra providência sugerida é a indicação dos locais, no talude ou na porção de topo que já tenham um histórico de ocorrência de algum evento, em princípio mais preocupante, por meio de placas indicativas, tais como: umidade visível em razão de exsudação de chorume, feições erosivas, recalques, fissuras, rupturas com sinais de movimentação. Estes locais identificados por placas deverão ter prioridade nas inspeções efetuadas.

11. Tomada de Decisão

- Trata-se de uma parte das ações pós-encerramento, extremamente importante, pois a partir de uma avaliação correta e precisa do problema e de uma tomada de decisão acertada e rápida, muitos acidentes podem ser evitados ou mitigados em tempo reduzido, assim são evitados prejuízos ambientais e custos financeiros.
- A tomada de decisão pelos integrantes de uma equipe de inspeção demanda treinamento e uma gerência responsável pelas ações preventivas, estruturais, mitigatórias e emergenciais em situações de elevado risco.

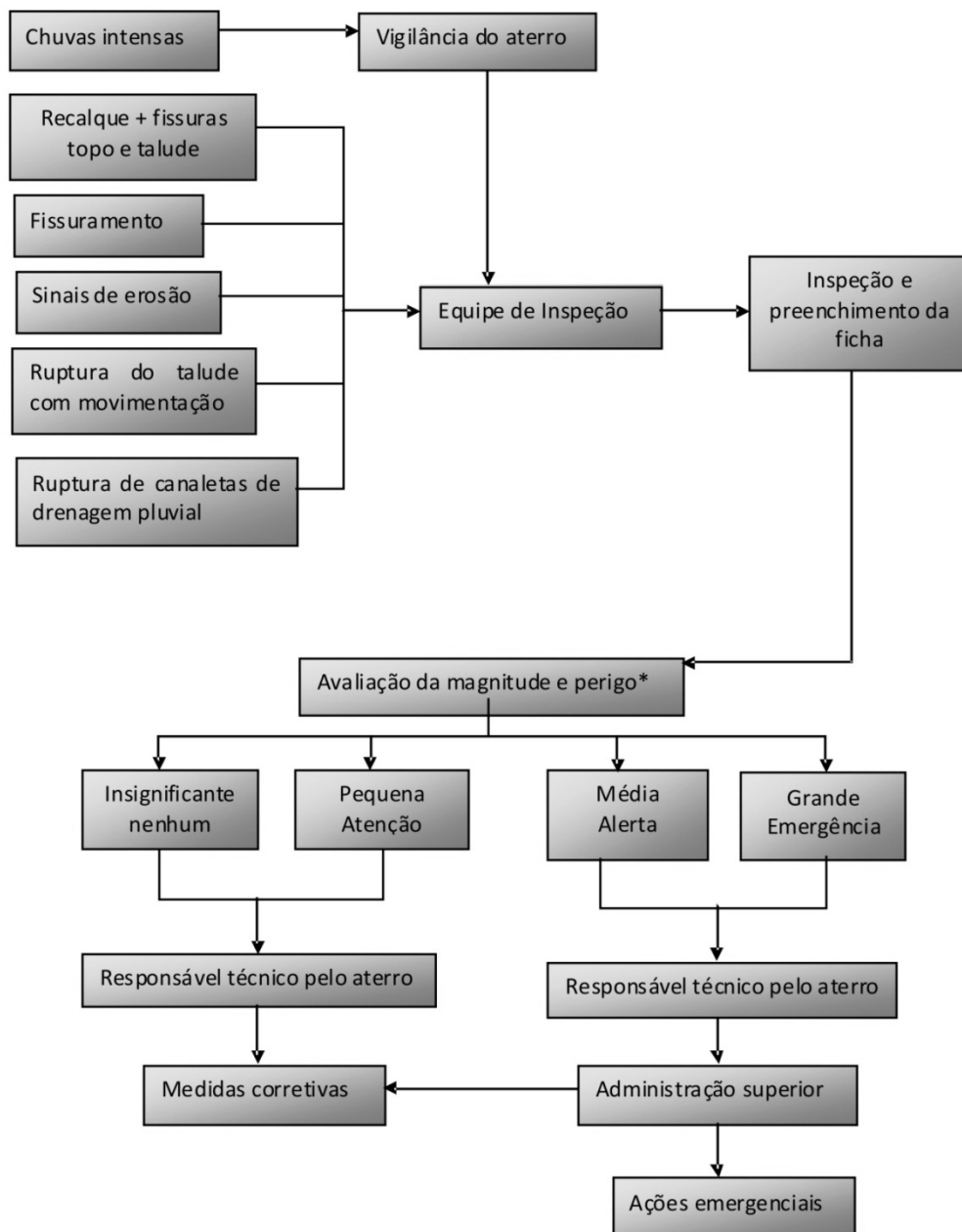


Figura 04: Fluxograma do programa de inspeções periódicas, tomada de decisões e ações emergenciais.

Agora veja um quadro com o resumo da rotina de inspeções, medidas corretivas, ações emergenciais e a correta tomada de decisão.

O QUE INSPECIONAR		TOMADA DE DECISÃO	MEDIDAS CORRETIVAS/AÇÕES EMERGENCIAIS
TALUDE DO ATERRO	Fissuras na superfície sem sinais aparentes de movimentação	Notificar imediatamente o responsável pelo aterro.	• Selar as fissuras com solo argiloso • Instalar marcos de referência na área afetada • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Instalar placas de identificação; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Fissuras na superfície com indício de movimentação	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro. • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Verificar o nível de percolados nos piezômetros; • Impermeabilizar a área afetada por meio de selamento de fissuras e recobrimento com películas plásticas; • Rebaixamento do nível de percolados com a instalação de drenos verticais e horizontais; • Reduzir o nível de percolação no topo do aterro; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Ruptura de talude com movimento de grande volume de solo e resíduos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Remover o material deslocado e dispor em outro aterro; • Instalar drenos para percolados na área afetada; • Repor solo na porção afetada; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Sulcos decorrentes de escoamento de águas pluviais, sem exposição de resíduos	• Notificar o responsável pelo aterro.	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do escoamento superficial; • Eliminar a fonte de escoamento superficial; • Repor o solo e a cobertura vegetal; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Erosão com exposição e carreamento de resíduos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro.	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do escoamento superficial; • Eliminar a fonte de escoamento superficial; • Proceder à limpeza da área e dispor os resíduos carreados em outro aterro; • Repor o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Calhas de pé de talude desnivelados	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Calhas de pé de aterro desnivelados e rompidos	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Calhas de pé de aterro desnivelados e rompidos com erosão de talude	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Levantar a extensão do problema; • Diagnosticar as causas do desnivelamento; • Corrigir a anomalia; • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Falha na vegetação (gramínea)	• Notificar o responsável pelo aterro	• Diagnosticar as causas da falha; • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Exposição de resíduos por falha na cobertura final	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Diagnosticar as causas da falha; • Recompôr a camada de cobertura final com os materiais necessários (argila, manta); • Recompôr o solo e a vegetação na área afetada; • Instalar placas de identificação; • Monitorar a porção afetada; • Preencher ficha de inspeção • Fazer documentação fotográfica.
	Exsudação de chorume na base do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Remover o material saturado e dispor em outro aterro; • Instalar drenos para percolados na área afetada; • Reposição de solo na porção afetada; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Exsudação de percolados a 1/3 de altura da base do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro • O responsável pelo aterro deverá notificar imediatamente a administração superior • Implementar imediatamente as medidas de emergência	• Isolar a área; • Em caso de chuva recobrir a área afetada com manta plástica; • Rebaixamento do nível de percolados com instalação de drenos verticais e horizontais; • Reduzir o nível de percolação no topo do aterro • Remover o material saturado e dispor em outro aterro; • Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
TOPO DO ATERRO	Recalque de parte do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Recalque com desnivelamento da drenagem superficial	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Recompôr as canaletas de drenagem superficial • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência de nível na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Recalque com fissuramento e entrada de água da chuva para o interior do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Selar as fissuras com solo argiloso; • Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total); • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Recalque na borda do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Recompôr o solo e vegetação no local; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Fissuras da cobertura final por contração e ressecamento	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Selar as fissuras com solo argiloso; • Instalar placas de identificação; • Instalar marcos de referência na área afetada; • Monitorar a porção afetada com equipamentos geodésicos (estação total). • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
SEGURANÇA	Invasão por pessoas e animais na área do aterro	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Isolar a área do aterro com cerca do tipo alambrado; • Instalar placas de advertência em vários pontos do perímetro do aterro; • Vigilância; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Incêndio no entorno	• Notificar o responsável pelo aterro	• Monitorar focos de incêndio; • Se os focos de incêndio evoluírem, acionar o Corpo de Bombeiros; • Instalar placas de advertência; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
	Incêndio na parte interna	• Notificar imediatamente o responsável pelo aterro	• Acionar imediatamente o Corpo de Bombeiros; • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.

	Controle da cobertura vegetal	• Notificar o responsável pelo aterro	• Fazer a poda periódica da cobertura vegetal, com a finalidade de evitar incêndios na área do aterro com riscos de explosões, evitar a obstrução de canaletas de drenagem pluvial e a proliferação de animais peçonhentos. • Preencher ficha de inspeção; • Fazer documentação fotográfica.
--	-------------------------------	---	--



PROGRAMA DE TREINAMENTO DE PESSOAL

3-PROGRAMA DE TREINAMENTO DE PESSOAL

O **Programa de Treinamento de Pessoal** visa preparar as equipes envolvidas nas inspeções do aterro sanitário para que elas possam identificar os mais variados problemas e decidir qual a melhor maneira de solucioná-los. Por isso ele deve dividir-se em uma parte teórica e outra prática, e pode abordar os seguintes temas:

Parte Teórica:

- 1 - Definições e terminologias em um aterro sanitário
- 2 - Processos que podem afetar a estabilidade do aterro
- 3 - Importância das inspeções
- 4 - Aspectos a serem inspecionados

Parte Prática:

- 1 - Identificação de situações de risco potencial
- 2 - Preenchimento de ficha de campo

PARTE TEÓRICA

1- Definições e Terminologias em um Aterro Sanitário

Lixão ou vazadouro – É a forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Os resíduos de quaisquer naturezas quando lançados em lixões acarretam problemas à saúde pública, com proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, ratos, baratas etc.) geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Termos sinônimos: descarga de resíduos a céu aberto, vazadouro.

Área de empréstimo - local onde se coleta o material usado na cobertura dos resíduos (terra).

Aterro controlado – É uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

O aterro controlado produz poluição localizada, pois, ao contrário do aterro sanitário, não possui impermeabilização da base e nem sistemas de tratamento de chorume ou dispersão dos gases gerados. Portanto, existe o comprometimento da água subterrânea.

Aterro Sanitário – É um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinação segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Bermas - parte superior das camadas de resíduos. Ficam expostas, objetivando aumentar a estabilidade do aterro e facilitar a manutenção e o monitoramento da célula.

Biogases - gases gerados pela decomposição dos resíduos.

Chorume – É um líquido de cor escura, mau cheiroso e de elevado potencial poluidor, resultante da decomposição da matéria orgânica. A produção de chorume será tanto maior quanto maior for a quantidade de matéria orgânica na composição dos resíduos sólidos urbanos. Também, é correto afirmar que, quanto maior o volume de água da chuva que percola através do aterro, maior será o volume de chorume.

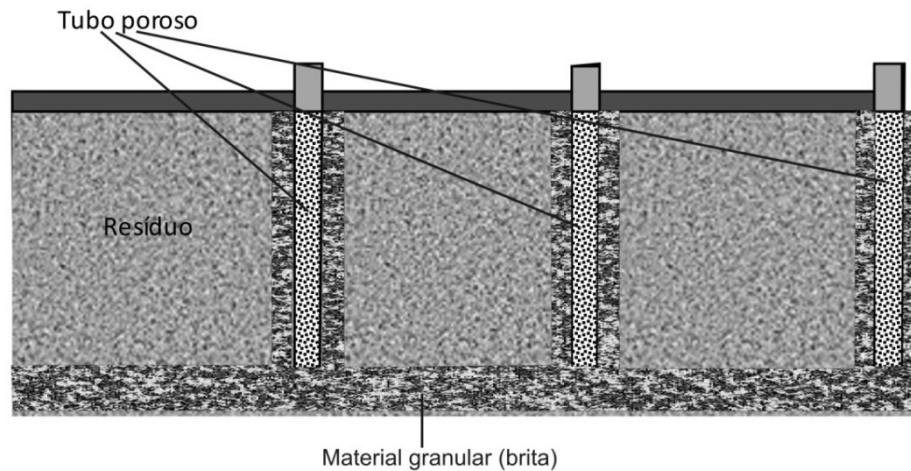
Termo sinônimo: líquidos percolados.

Cobertura diária – Cobertura executada sobre os resíduos sólidos dispostos no aterro ao final de cada jornada de trabalho, geralmente feita com solos e/ou resíduos de construção civil.

Cobertura final – Camada final para proteção dos resíduos sólidos ao ser encerrada uma célula de disposição de resíduos.

Crista do aterro - Corresponde à linha que une os pontos de maior altitude de um aterro.

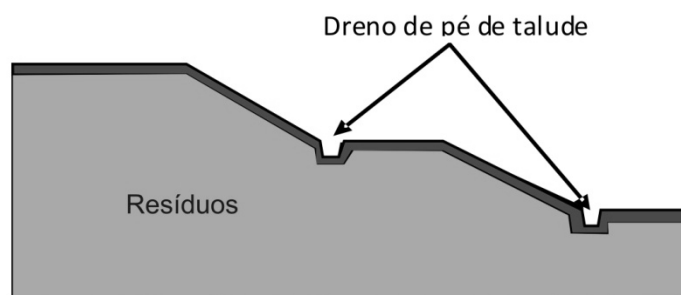
Drenos para gases – São estruturas construídas de elementos drenantes (tubulações de concreto poroso e brita) destinados à captação e condução de biogases produzidos pela decomposição da matéria orgânica até os queimadores instalados na porção superior das tubulações, como mostra a figura a seguir. Normalmente, os tubos drenos são envoltos por materiais granulares (brita).



Drenos para gases no interior do maciço de resíduos.

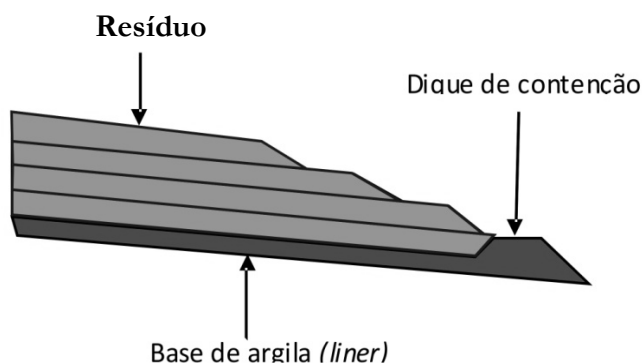
Dreno para percolados – É uma estrutura porosa e permeável disposta internamente e na base do maciço do aterro, com a função de captar o chorume e conduzi-lo para fora do maciço, deixando grande parte deste livre de saturação e, conseqüentemente melhorando a condição de estabilidade do maciço do aterro contra a ruptura hidráulica.

Drenos de pé de talude – Exerce a função de captar e conduzir, através de canaletas a água pluvial escoada sobre o talude e a berma para fora do maciço sanitário, observe a figura abaixo:



Drenos de pé de talude do aterro.

Dique de contenção – A construção de um aterro sanitário exige a construção de um dique de argila compactada com a função de impedir a propagação do chorume para fora do aterro através do talude inferior, veja a figura a seguir:



Dique de contenção

Erosões - desgaste sofrido pelo solo devido a ações externas (águas, vento, etc.).

Jusante - abaixo de um determinado ponto, num corpo d'água.

Lagoa de Armazenamento – Lagoa onde o efluente (chorume) é retido por um tempo até que seja feito seu transporte para o local do tratamento.

Lagoa de Estabilização - Lagoa onde o efluente (chorume) é retido por um tempo suficiente para que seu tratamento ocorra com sucesso, sendo influenciado pelas condições climáticas. A depender da técnica, ela pode ser do tipo anaeróbia, facultativa, aerada, etc.

Maciço do aterro – É o corpo do aterro, onde se encontram confinados os rejeitos recobertos por solo. Portanto o maciço do aterro é construído de material inerte (solo) compactado + resíduos urbanos. O maciço, por sua vez, é formado de seguintes elementos: talude de montante, talude de jusante, crista, topo do aterro, pé de talude, bermas, drenagem superficial, drenos para chorume, drenos para biogases, drenos de pé de talude, vias para circulação de veículos.

Montante - acima de um determinado ponto, num corpo d'água.

Piezômetro - instrumento sensível que mede as pressões dentro do resíduo compactado e recoberto.

Platôs - parte plana superior [da última camada da célula].

Pluviômetro - instrumento que mede a quantidade de água de chuva que cai.

Quarteamento - método usado para se conhecer a composição física dos resíduos que entram no aterro. Consiste em dividir os resíduos em quatro partes, sucessivamente, para análise.

Recalques - adensamento da camada do maciço.

Talude de montante – corresponde à superfície livre do maciço do aterro sanitário voltada para a porção superior de uma encosta.

Talude de jusante – corresponde à superfície livre do maciço do aterro situada no lado oposto ao talude de montante. Representa a face do maciço da barragem voltada para a parte baixa de uma encosta.

Vazão - volume de líquido escoado numa unidade de tempo; escoamento, saída.

Vetores - animais que podem transmitir doenças (ratos, moscas, urubus, etc.).

2 - Processos que podem afetar a estabilidade do aterro

- **Percolação intensa de água através do maciço** – Esta situação resulta no desenvolvimento de linhas de fluxo de chorume através do maciço do aterro. A percolação de água da chuva geralmente decorre de falhas no processo construtivo, o que proporciona a elevada permeabilidade dos materiais de cobertura final; deficiência ou ausência de drenagem para águas pluviais tanto no topo quanto nos taludes do aterro.
- **Erosão do talude** – Normalmente este processo ocorre por ação do escoamento superficial da água da chuva sobre o talude do aterro. Maior será o efeito erosivo quanto maior for a intensidade da chuva, também quanto maiores forem as falhas no processo construtivo (ausência de proteção de talude, baixo grau de compactação, transbordamento das calhas de drenagem pluvial por obstrução, por rompimento ou subdimensionamento).
- **Ruptura hidráulica** – Este processo está diretamente relacionado à percolação excessiva da água através do maciço do aterro, o que resulta na elevação do nível de percolados. Estes promovem o colapso em razão das sub-pressões atuantes no maciço do aterro.
- **Recalque do maciço do aterro** – problemas de recalque do maciço do aterro estão associados a três causas possíveis: decomposição da fração orgânica do resíduo, rebaixamento do nível de percolados e gases ou por redução de volume de resíduos por compactação causada pela pressão das camadas superiores.

- **Exsudação de percolados no talude** – Este processo é indicativo, juntamente com o aumento da vazão de percolados captados pelos drenos, de percolação excessiva da água da chuva através do maciço do aterro, sobretudo a sua porção de topo. Quanto mais elevada estiver a zona saturada em relação ao maciço do aterro, mais elevado estará o nível de percolado no interior do maciço. A presença de saturação de uma porção de talude pelo chorume potencializa o escoamento superficial durante as chuvas e, conseqüentemente o desenvolvimento da erosão.
- **Elevação do nível de percolados internamente ao maciço do aterro** – Este processo está diretamente associado à quantidade de infiltração da água da chuva. A elevação do nível de percolados no maciço reduz a sua resistência mecânica, ao mesmo tempo em que resulta no fluxo de percolados no sentido do talude e incrementa a possibilidade de desenvolvimento de ruptura hidráulica.
- **Escoamento de águas pluviais sobre a superfície do talude acompanhado de erosão:** este processo está relacionado a precipitações de elevada intensidade, que acarretam o aumento do escoamento superficial sobre os taludes do aterro ocasionando, com isso, o intenso carreamento de solo e desenvolvimento de feições erosivas.
- **Crescimento irregular de vegetação sobre o talude** – O crescimento irregular de vegetação não traz risco imediato ao aterro, mas no caso de espécies arbóreas de raízes profundas, ao longo do tempo seu sistema radicular pode aprofundar no maciço compactado e facilitar a percolação de água da chuva, assim como o crescimento anormal de gramíneas pode obstruir as canaletas de drenagem de águas pluviais.
- **Ação de animais escavadores** – Seus efeitos são semelhantes ao do crescimento de vegetação arbórea. Não traz riscos imediatos à segurança do aterro, mas caso não sejam monitorados, sua ação no interior do maciço sanitário pode provocar danos e facilitar o fluxo preferencial de água da chuva.

3 - Importância da inspeção

Os aterros sanitários são estruturas necessárias para minimização dos impactos ambientais causados pelos resíduos urbanos e, principalmente, à segurança da saúde das populações humanas. Nesse sentido, desempenham um importante papel ambiental e econômico.

No aspecto ambiental, um aterro sanitário tem a função de impedir a disposição de resíduos indistintamente no meio ambiente, a fim de que o próprio homem não seja afetado, assim como a fauna e a flora, via contato direto ou indireto, via contaminação das águas e do solo. A inspeção de um aterro sanitário objetiva garantir a integridade e o desempenho para o fim que este foi construído.

4 - Aspectos a serem inspecionados

Dentre os aspectos a serem inspecionados, o que incluem as ações de manutenção e monitoramento, estão:

- **Percolação intensa de água através do maciço** – monitorar a vazão dos drenos periodicamente e a altura do nível de percolados no maciço do aterro através de medidores do nível de percolados.
- **Erosão do talude** – Caracterizar todos os pontos onde se verificam sinais de processos erosivos nos taludes, registrando a sua posição com um GPS com o objetivo de compor o banco de dados. A intensidade da erosão geralmente está relacionada com a intensidade das chuvas. Quando da ocorrência de chuvas intensas, a erosão pode atingir extensões significativas do talude, principalmente na sua porção inferior, próximo ao seu pé. Pode, nesse caso, facilitar o desenvolvimento de planos preferenciais de ruptura do talude.
- **Ruptura hidráulica** – Observar sinais de ruptura hidráulica nos taludes do aterro, tais como: exsudação de percolados, fissuras de tração, sinais de movimentação com deslocamento escalonado, ondulações e acúmulo de materiais na base dos taludes. A ruptura hidráulica é uma feição importante, pois a estabilidade de parte

do aterro pode ser comprometida. Caso o movimento continue, pode evoluir para movimentos rápidos (escorregamentos).

- **Ruptura do talude** – Esta é uma das situações mais críticas em termos de estabilidade do aterro. A ruptura pode ser observada pelo desenvolvimento de trincas longitudinais ao longo dos taludes de jusante e de montante.
- **Recalque do maciço** – Atentar para desenvolvimento de depressões ao longo do topo do aterro ou nos taludes. Geralmente, movimentos recalque são acompanhados de trincas no maciço. O monitoramento pode ser feito com uso de teodolito ou estação total. As coordenadas do local onde se observa o movimento de recalque devem ser registradas com GPS, para monitoramento e ações emergenciais e alimentação de banco de dados.
- **Exsudação de percolados no talude** – A exsudação de percolados no talude pode ser notada pela diferença de umidade. Onde o chorume está presente o solo mostra-se mais escurecido. A sua detecção e monitoramento são importantes, pois a exsudação de chorume indica percolação através do maciço. Registrar as coordenadas do local atingido para monitoramento e registro no banco de dados.
- **Elevação do nível de percolados no maciço do aterro** – Monitorar a elevação de percolados nos piezômetros. Inspeccionar os drenos de percolados verificando se não apresentam obstrução. Registrar as leituras da elevação realizadas nos piezômetros para alimentar o banco de dados. Quando atingir níveis próximos de situações críticas adotar medidas emergenciais. Colher informações para o banco de dados.
- **Escoamento de águas pluviais no sentido: topo – talude do aterro** – Detectar pontos onde as águas pluviais acumuladas na porção de topo do aterro fluem no sentido do talude. Dependendo do volume do fluxo de água, este poderá implicar em sérias erosões com carreamento de sedimentos para as porções inferiores e provocar a obstrução das calhas de drenagem pluvial. Coletar dados (coordenadas, fotografias) para alimentação do banco de dados.

- **Crescimento irregular de vegetação sobre o talude** – providenciar a retirada da vegetação e monitorar o seu desenvolvimento. Colher informações para o banco de dados.
- **Crescimento de vegetação na calha de drenagem superficial** – remover a vegetação e monitorar o seu desenvolvimento. Colher informações para o banco de dados.
- **Ação de animais escavadores no talude** – Monitorar a ação de animais escavadores, mitigar aos danos causados. Colher informações para o banco de dados.

PARTE PRÁTICA

1 - Identificação de situações de risco potencial e iminente

O treinamento da equipe responsável pela inspeção, voltada para identificação de situações de risco potencial e iminente, deverá ser realizado em duas etapas: a primeira será em sala de aula quando será dada uma orientação quanto ao preenchimento de fichas de inspeção; preenchimento das mesmas utilizando-se imagens projetadas por meio de equipamento multimídia a partir de situações reais ou hipotéticas; a segunda parte será realizada diretamente na área do aterro, quando cada integrante da equipe irá identificar e providenciar a ficha de inspeção.

Tanto a etapa de sala de aula quanto de campo será acompanhada e avaliada por técnicos com comprovada experiência em aterros sanitários.

2 – Tomada de decisão

Em qualquer uma das etapas, uma vez caracterizado o problema e realizada a sua classificação quanto a magnitude e nível de perigo pelos membros da equipe de inspeção, este serão orientados à tomada de decisão, conforme o fluxograma apresentado na Figura 04, no capítulo Programa de Inspeção, Monitoramento e Ações Emergenciais, deste manual.



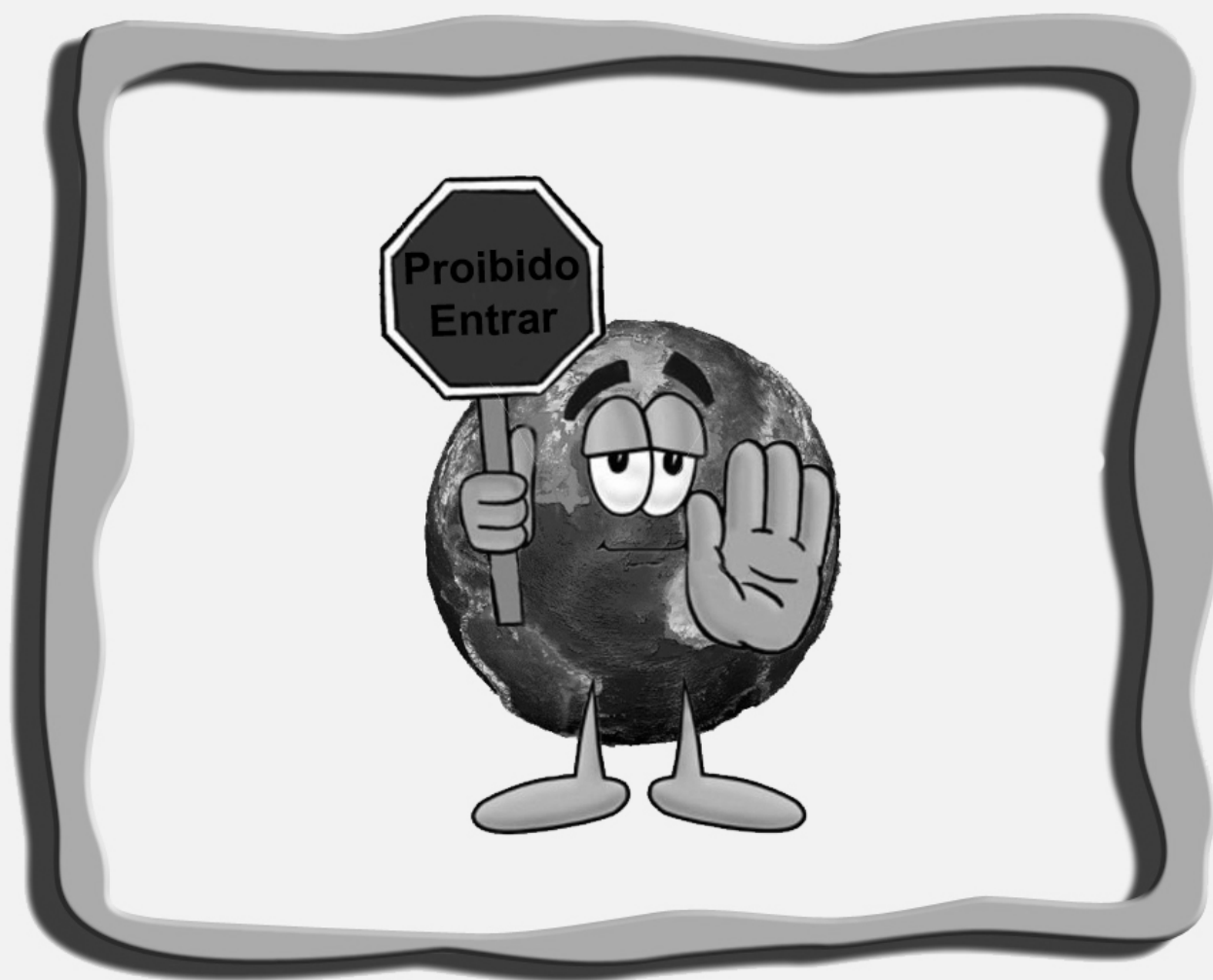
**PROGRAMA DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL**

4- PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O **Programa de Educação Ambiental**, se realizado de maneira efetiva, pode evitar uma série de problemas, pois a população passa a ter conhecimento sobre o aterro sanitário e têm acesso a informações verdadeiras sobre o empreendimento, evitando por exemplo, problemas de invasão.

- Criação de uma equipe responsável pela educação ambiental no aterro sanitário.
- Essa equipe terá a função de:
 - o Receber, principalmente, alunos e professores de escolas das redes municipal, estadual e federal de ensino fundamental e médio, além de alunos de cursos universitários, para ministrar palestras relativas a resíduos sólidos e orientar visitas monitoradas a todas as instalações do aterro. Para esta função, os membros da equipe devem receber subsídios teórico-práticos a partir de experiências de técnicos da administração do aterro.
- Os monitores devem estar preparados para abordar, entre outros, conteúdos como:
 - o O que são resíduos sólidos?
 - o Situação do Brasil em relação aos resíduos sólidos?
 - o Como são classificados os resíduos sólidos?
 - o O que é um lixão?
 - o O que é um aterro controlado?
 - o O que é um aterro sanitário?
 - o Quais são os estudos necessários para construção de aterro sanitário?
 - o O que são usinas de triagem e compostagem?
 - o O que é coleta seletiva?
 - o Qual é a importância da reciclagem?
 - o Como é feita a reciclagem de matéria orgânica?
 - o Como é feita a reciclagem de outros materiais?
 - o O que é feito com resíduos de estabelecimentos de saúde?
 - o O que é o chorume?

- o Como é feito o monitoramento das águas superficiais e subterrânea?
 - o Quais os riscos de um aterro sanitário?
 - o Quais os cuidados a serem tomados?
- Essa equipe também poderá realizar, com o apoio das associações de moradores, reuniões e palestras, instruindo as pessoas sobre os benefícios e cuidados a serem tomados com relação a um aterro sanitário.
- Trabalhando juntos com a prefeitura do município, a equipe de educação ambiental poderá usar recursos da mídia, como rádio, televisão e internet, para dar informações sobre o aterro e fazer campanhas de coleta seletiva e reciclagem.
- Implantação do Museu do Lixo: ele pode ser montado em uma área dentro do próprio aterro, um galpão ou uma sala. Nele devem ser expostos materiais que chegam ao aterro como lixo, mas que podem se transformar em arte ou que poderiam ser reutilizados. Faz parte desse trabalho a triagem de materiais para serem expostos no museu.



PROGRAMA DE SEGURANÇA

5-PROGRAMA DE SEGURANÇA

O **Programa de Segurança** propõe que, com o encerramento de suas atividades o aterro sanitário deverá receber melhorias nos equipamentos de isolamento da área contra invasão de pessoas e animais. Isso pode evitar acidentes em razão da formação de biogases, principalmente o metano dada a sua elevada capacidade de combustão.

- Manutenção do isolamento da área do aterro sanitário.
- Deve ser instalada cerca do tipo alambrado e placas de advertência com os avisos de:
 - o Proibida a entrada de pessoas sem autorização
 - o Área com risco de explosões



Figura 05: Exemplo de cerca do tipo alambrado.
Fonte: Trabalhos realizados com alambrados, [200?].

- Caso ocorram incêndios, é necessário acionar o responsável pelo aterro, se o incêndio evoluir chame o Corpo de Bombeiros.
- Pode ser necessário que um funcionário faça a vigilância do aterro.



Glossário

Aceiros: desbaste da vegetação ao redor do aterro para impedir propagação de incêndios.

Bermas: parte superior das camadas de resíduos que ficam expostas, objetivando aumentar a estabilidade do aterro e facilitar a manutenção e o monitoramento da célula.

Biogases: gases gerados pela decomposição dos resíduos.

Chorume: líquido poluidor resultando da degradação dos resíduos, de cor escura e odor desagradável.

Drenos para biogás: equipamento implantado no aterro para fazer a sucção do biogás gerado no interior das células de resíduos.

Drenos verticais: instrumentos usados para absorção dos percolados gerados no interior do aterro.

Equipamento geodésico (estação total): instrumento eletrônico utilizado na medida de ângulos e distâncias.

Erosão: processo de deslocamento de solo que pode ocasionar a exposição dos resíduos.

Fissuras: rachaduras no solo, sua evolução pode dar origem a uma erosão.

Geomembrana: materiais de baixíssima permeabilidade que podem ser usadas para impermeabilização do solo do aterro.

Jusante: abaixo de determinado ponto.

Maciço: resíduo já aterrado.

Marcos topográficos: instrumentos utilizados para observar os deslocamentos horizontais e verticais (recalques) no aterro.

Montante: Acima de determinado ponto.

Pluviômetro: instrumento usado para recolher e medir a quantidade de precipitação no aterro.

Recalque: rebaixamento do maciço sanitário em função do adensamento do solo.

Talude: rampa formada em aterros ou cortes, com inclinação prevista.

Referências

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. **Estação Meteorológica da UFRN**. Disponível em <<http://www.cchla.ufrn.br/estacao/index/fotos.html>>. Acesso em 16 de maio de 2010.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Manual de Operação de Aterros Sanitários**. [S.l.:s.n.], [200?]. 28p.

Magalhães, Allan de Freitas. **Avaliação do desempenho de técnicas de bioengenharia na proteção e conservação da cobertura final de taludes em aterros de disposição de resíduos sólidos urbanos**: Estudo de Caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG. 2005. 169 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 2005.

TRABALHOS realizados com alambrado. [200?]. Disponível em: <<http://www.masterprotecao.com.br/trabalhos-alambrado.html>>. Acesso em 16 de maio de 2010.

ANEXO A

VALORES ORIENTADORES PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB

	Substância	Água Subterrânea ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
		Valor de Intervenção
Inorgânicos	Alumínio	200
	Antimônio	5
	Arsênio	10
	Bário	700
	Boro	500
	Cadmo	5
	Chumbo	10
	Cobalto	5
	Cobre	2000
	Cromo	50
	Ferro	300
	Manganês	400
	Mercurio	1
	Molibdênio	70
	Níquel	20
	Nitrato (como N)	10000
	Prata	50
	Selênio	10
	Zinco	5000
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis	Benzeno	5
	Estireno	20
	Etilbenzeno	300
	Toluenos	700
	Xilenos	500
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	Benzo(a)antraceno	1,75
	Benzo(a)pireno	0,7
	Dibenzo(a,h)antraceno	0,18
	Fenantraceno	140
	Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,17
	Naftaleno	140
Benzeno clorados ⁽¹⁾	Clorobenzeno (mono)	700
	1,2-Diclorobenzeno	1000
	1,4-Diclorobenzeno	300
	1,2,3-Triclorobenzeno	(a)
	1,2,4-Triclorobenzeno	(a)
	1,3,5-Triclorobenzeno	(a)
	Hexaclorobenzeno	1
Etanos clorados	1,1-Dicloretoano	280
	1,2-Dicloroetano	10
	1,1,1-Tricloroetano	280

Etenos Clorados		
	Cloreto de vinila	5
	1,1-Dicloroeteno	30
	1,2-Dicloroeteno – cis	(b)
	1,2-Dicloroeteno - trans	(b)
	Tricloroeteno-TCE	70
	Tetracloroeteno-PCE	40
Metanos Clorados		
	Cloreto de Metileno	20
	Clorofórmio	200
	Tetracloroeto de carbono	2
Fenóis clorados		
	2-Clorofenol (o)	10,5
	2,4-Diclorofenol	10,5
	3,4-Diclorofenol	10,5
	2,4,5-Triclorofenol	10,5
	2,4,6-Triclorofenol	200
	2,3,4,5-Tetraclorofenol	10,5
	2,3,4,6-Tetraclorofenol	10,5
	Pentaclorofenol (PCP)	9
Fenóis não clorados		
	Cresóis	175
	Fenol	140
Ésteres ftálicos		
	Dietilexil ftalato (DEHP)	8
	Dimetil ftalato	14
Pesticidas organoclorados		
	Aldrin ⁽¹⁾	(d)
	Dieldrin ⁽¹⁾	(d)
	Endrin	0,6
	DDT ⁽¹⁾	(c)
	DDD ⁽¹⁾	(c)
	DDE ⁽¹⁾	(c)
	HCH beta	0,07
	HCH – gama (Lindano)	2
PCBs		
	Total	3,5

(1) - Para avaliação de risco, deverá ser utilizada a abordagem de unidade toxicológica por grupo de substâncias.

(a) somatória para triclorobenzenos = 20 µg.L⁻¹

(b) somatória para 1,2 dicloroetenos; = 50 µg.L⁻¹

(c) somatória para DDT-DDD-DDE = 2 µg.L⁻¹

(d) somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µg.L⁻¹

Fonte: CETESB, 2005.

Organização: A autora, 2009.