

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE

RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE CAMPINAS: REVEGETAÇÃO E USO FUTURO

CAUÊ NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Campinas - SP

2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE

RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE CAMPINAS: REVEGETAÇÃO E USO FUTURO

Orientado: CAUÊ NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Orientadora: Prof^ª. Dra. ELVIRA GABRIELA CIACCO DA SILVA DIAS

Dissertação de Mestrado apresentado à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Saneamento e Ambiente

Campinas - SP

2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Oliveira, Cauê Nascimento de
OL8r Recuperação ambiental de aterros sanitários na região metropolitana de Campinas:
revegetação e uso futuro / Cauê Nascimento de Oliveira. --Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Elvira Gabriela Ciacco da Silva Dias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Destruição ambiental. 2. Aterro sanitário. 3. Revegetação. 4. Solo- uso- Planejamento.
5. Campinas, Região de (SP). I. Dias, Elvira Gabriela Ciacco da Silva. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Environmental recovery of sanitary embankments of the metropolitan área of
Campinas: reforestation and future use

Palavras-chave em Inglês: Degradation, environmental; Sanitary embankment; Revegetation;
Land use- Planning e Campinas, Região de (SP)

Área de concentração: Saneamento e ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: João dos Santos Vila da Silva e Rosely Ferreira dos Santos

Data da defesa: 28/01/2005

AGRADECIMENTOS

Ao término deste trabalho reflito sobre o caminho trilhado para sua realização. Após esta reflexão, vejo que tenho muito a agradecer a todos que estiveram ao meu lado e me apoiaram, sem os quais eu não teria conseguido realizá-lo. A todas estas pessoas, minha calorosa gratidão.

Agradecimentos especiais:

Aos meus **Pais, irmão e avó**, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando sempre.

À prof. **Gabriela**, pela orientação, dedicação e apoio na realização de todo este trabalho.

À prof. **Rozely** e ao prof. **Archimedes** Pérez Filho, pela atenção e receptividade oferecidos nesta trilha.

À **FAPESP**, pelo apoio financeiro que viabilizou a realização desta dissertação.

À Associação Cultural Nova Acrópole, pela formação humana.

À Unicamp, por ter dado a oportunidade de me iniciar, através do mestrado, na docência acadêmica universitária.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS	vii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	viii
RESUMO	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVOS.....	14
1.2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	15
2. METODOLOGIA E PLANO DE TRABALHO	16
2.1. MÉTODO DE ESTUDO.....	16
2.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	17
2.3. PROCEDIMENTOS.....	17
2.4. ETAPAS DE EXECUÇÃO.....	18
3. TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS	20
3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL.....	20
3.2. O SOLO	21
3.2.1. Conceito.....	21
3.2.2. Formação dos Solos.....	22
3.2.3. Perfil do solo: horizontes.....	24
3.2.4. Classificação do solo	25
3.3. DEGRADAÇÃO DO SOLO	26
3.4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	27
3.5. REVEGETAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	31
4. ATERROS SANITÁRIOS	33
4.1. DEFINIÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO	33
4.2. IMPACTOS, CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DO SOLO DEVIDO À ATERROS SANITÁRIOS.....	34

4.3. TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM ATERROS SANITÁRIOS.....	35
4.4. REVEGETAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS.....	38
4.4.1. Fatores limitantes que dificultam o desenvolvimento da vegetação em aterros sanitários.....	38
4.5. PLANEJAMENTO DA REVEGETAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS.....	42
4.6. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ESPÉCIES MAIS ADEQUADAS	44
5. PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	48
5.1. REGULAMENTAÇÃO BÁSICA E COMPETÊNCIAS.....	48
5.2. EMPREENDIMENTOS SUJEITOS AO SISTEMA DE LICENCIAMENTO	50
5.2.1. Empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental	52
5.3. PROCEDIMENTOS PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL	54
5.3.1. Licença prévia.....	55
5.3.2. Licença de Instalação.....	56
5.3.3. Licença de Operação.....	57
5.4. LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS NO ESTADO DE SÃO PAULO	58
6. ATERROS SANITÁRIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS.....	60
6.1. CONDIÇÕES LEGAIS E OPERACIONAIS ATUAIS	60
6.2. PLANOS DE REVEGETAÇÃO CONSIDERADOS NOS EIAs E RAPs	64
6.2.1. Aterro sanitário de Paulínia	64
6.2.2. Aterro sanitário de Campinas	68
6.2.3. Aterro sanitário de Vinhedo	72
6.2.4. Aterro sanitário de Holambra	75
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ABSTRACT	87

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Tabela 1. Inventário de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Campinas	13
Figura 1: Etapas da formação do solo.....	24
Figura 2: Perfil do solo	24
Figura 3: Sobreposição das listas de atividades sujeitas a licenciamento ambiental de acordo com a legislação federal e estadual (SÁNCHEZ, L. E. & DIAS, E. G., 2003)	50
Figura 4: Licenciamento de aterros sanitários no Estado de São Paulo	59
Tabela 2. Resíduos sólidos: produção diária e índice de qualidade de aterros(1) 2000	62
Tabela 3. Resíduos sólidos: municípios da Região Metropolitana de Campinas e a condição de seus aterros e licenciamento	63
Tabela 4. Comparativo dos sistemas de proteção ambiental encontrados nos aterros licenciados deste estudo.....	76
Tabela 5. Sistemas de proteção ambiental encontrados nos aterros licenciados na região Metropolitana de Campinas.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SMA - Secretaria de Meio Ambiente

Daia - Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental

RAP – Relatório Ambiental Preliminar

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

TR - Termo de Referência

LP - Licença Prévia

LI - Licença de Instalação

LO - Licença de Operação

Cetesb - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Consema - Conselho Estadual do Meio Ambiente

MCE - Memorial de Caracterização do Empreendimento

TAC - Termo de Ajuste de Conduta

RESUMO

Atualmente, as soluções mais aplicadas para a disposição final de resíduos sólidos domésticos no Brasil são os aterros sanitários, embora ainda existam muitos locais onde os resíduos são dispostos de forma inadequada.

De acordo com o inventário da Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), a disposição de resíduos sólidos no Estado de São Paulo tem melhorado, e 68,4% dos aterros de resíduos da Região Metropolitana de Campinas - abrangência deste estudo – estão em condições controladas ou adequadas.

Esta pesquisa teve por objetivo estudar os procedimentos propostos para recuperação ambiental de projetos licenciados da Região Metropolitana de Campinas, com enfoque na revegetação, comparar estes procedimentos com as recomendações da literatura e sugerir medidas que contribuíssem para aprimorar estes procedimentos. A metodologia utilizada foi o “estudo de caso”.

A recuperação é necessária para que se possa utilizar as áreas para outros fins. A ênfase deste trabalho é na recuperação através da revegetação, pois existem grandes restrições com relação à utilização das áreas para edificações.

As informações para o desenvolvimento deste trabalho foram coletadas nos estudos ambientais referentes aos projetos licenciados de aterros sanitários disponíveis na Cetesb e Secretaria do Meio Ambiente de São

Paulo. Foram levantados os projetos licenciados nos últimos 10 anos na Região Metropolitana de Campinas.

Além disso, foi feita uma revisão bibliográfica abordando a recuperação de áreas degradadas, instrumentos jurídicos e administrativos aplicados ao licenciamento de aterros sanitários, além da realização de visitas técnicas. Em toda a Região Metropolitana de Campinas apenas 4 aterros atenderam ao critério básico de possuir pelo menos uma licença.

Pelos critérios definidos neste trabalho, enquadraram-se os aterros sanitários de Campinas, Holambra, Paulínia e Vinhedo.

O exame dos EIAs, RAPs, MCEs, e as visitas técnicas realizadas revelaram o seguinte quadro: revegetação em áreas de preservação permanente situadas próximo aos aterros com mudas de eucaliptos e árvores nativas; viveiros de produção de mudas no próprio local; “cortina vegetal” tendo função principal a de reduzir o impacto visual associado ao processo de disposição de resíduos sólidos.

Não são previstos planos de encerramento detalhados ou projetos para uso futuro nas áreas, sendo apenas indicadas sugestões. Os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento não exigem a apresentação de projetos de uso futuro nos casos de operação normais dos aterros, apenas gramínea como revegetação. Em revisão bibliográfica, constatou-se que as abordagens acima descritas são as classicamente adotadas. Na literatura, porém, encontram-se trabalhos que admitem a possibilidade de plantar árvores sobre as células dos aterros, desde que certas condições sejam atendidas nos planos de encerramento.

Como resultado deste trabalho, sistematizou-se as informações sobre a revegetação em aterros sanitários propostos pela literatura e os utilizados na prática dos aterros da região metropolitana de Campinas. Foram levantados, também, os aspectos legais relacionados ao tema no Estado de São Paulo. Na conclusão, foi feita a análise dos procedimentos atualmente propostos, identificados os procedimentos inadequados e sugeridas melhorias.

Palavras-chave: 1. Destruição ambiental. 2. Aterro sanitário. 3. Revegetação. 4. Solo- uso- Planejamento. 5. Campinas, Região de (SP).

1. INTRODUÇÃO

Apesar da evolução das técnicas de reciclagem e reutilização de resíduos, os aterros sanitários ainda são a solução mais aplicada no Brasil para a disposição de resíduos sólidos domésticos.

Observa-se que, gradativamente, os aterros sanitários (processo de disposição final de resíduos sólidos que envolvem critérios e normas específicas de engenharia) tomam o lugar dos “lixões” (disposição final inadequada do lixo, pela quais estes são despejados sobre o solo sem que medidas de proteção à saúde pública ou ao meio ambiente sejam implementadas).’

Isto é demonstrado no “Inventário de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2000”, realizado pela Cetesb. Nesse inventário, todas as instalações de destinação de resíduos em operação no Estado foram inspecionadas pelos técnicos do órgão, que aplicaram um formulário padronizado, composto por 41 itens com informações sobre as principais características locais, estruturais e operacionais de cada instalação. Com base nestas informações, foi calculado o IQR (Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos) de cada instalação (Cetesb, 2002). A relação entre o valor do IQR e a avaliação das condições de instalações avaliadas é feita em intervalos da seguinte forma:

1. $0,0 < \text{IQR} < 6,0$ = condições inadequadas;

2. $6,0 < \text{IQR} < 8,0$ = condições controladas;
3. $8,0 < \text{IQR} < 10,0$ = condições adequadas.

A Tabela 1 apresenta os municípios da Região Metropolitana de Campinas, a Agência da Cetesb correspondente, a população urbana (censo IBGE-2000), a quantidade de lixo gerada, os resultados dos inventários realizados em 1997, 1998, 1999 e 2000 e, finalmente, a existência ou não Licença de Instalação (L.I.) e Licença de Operação (L.O.) para aterro de resíduos sólidos domésticos.

Vários dados constantes desta tabela revelaram-se incorretos no decorrer da pesquisa. Estas discrepâncias são destacadas nos capítulos apropriados.

Tabela 1. Inventário de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Campinas

MUNICÍPIO	AGÊNCIA Cetesb	POPULAÇÃO URBANA (habitantes)	LIXO (por dia)	INVENTÁRIO				LI	LO
				IQR					
				1997	1998	1999	2000		
Americana	CPc-AM	181650	90,8	4,3	5,5	4,7	4,7	-	-
Artur Nogueira	CPc-LI	30437	12,2	4,9	4,4	3,6	3,3	S	-
Campinas	CPr-C	951824	666,3	7,5	4,4	5,6	6,5	S	-
Cosmópolis	CPc-LI	42511	17,0	2,3	1,7	2,6	2,8	S	-
Engenheiro Coelho	CPc-LI	7004	2,8	1,6	2,8	2,4	8,3	S	-
Holambra	CPr-M	3958	1,6	8,7	8,8	8,2	9,3	S	S
Hortolândia	CPc-AM	151669	75,8	6,1	7,2	6,9	5,1	-	-
Indaiatuba	CPr-J	144528	72,3	4,1	4,8	6,3	8,7	S	-
Itatiba	CPr-M	65602	26,2	4,8	6,1	7,1	8,5	S	
Jaguariúna	CPr-M	25669	10,3	2,6	4,7	3,8	9,4	S	S
Monte Mor	CPr-C	33980	13,6	3,2	7,7	8,1	7,1	S	S
Nova Odessa	CPc-AM	41106	16,4	6,8	7,5	8,1	9,3	-	-
Paulínia	CPr-PA	50677	20,3	6,6	6	8,9	8,9	S	S
Pedreira	CPr-M	34155	13,7	4,8	6,1	6,5	6,4	S	
Sumaré	CPc-AM	193266	96,6	6,1	7,2	6,9	5,1	-	-
Sto. Antônio de Posse	CPr-M	14673	5,9	1,6	1,2	1,6	1,9	S	-
Sta. Bárbara d'oeste	CPc-AM	167574	83,8	7,5	7,3	7,1	7,1	S	S
Valinhos	CPr-C	78319	31,3	9	8,8	8,5	8,3	S	S
Vinhedo	CPr-C	46063	18,4	7,9	8,5	8,7	8,7	S	S

Fonte: Adaptado de Cetesb (2001)

De acordo com os dados do IQR de 2000, pode-se verificar que 68,4% dos aterros de resíduos da Região Metropolitana de Campinas encontram-se em condições controladas ou adequadas e apenas 31,6% estão em condições inadequadas.

As preocupações com a proteção ambiental em aterros de resíduos não se restringem às etapas de implantação e operação, mas continuam durante e após a desativação. Estas são válidas para todos os empreendimentos, mas são particularmente críticas nos casos dos aterros de

resíduos, pois estes têm vida útil relativamente curta e são muitas vezes abandonados por seus responsáveis.

Conhecer as propostas técnicas para a revegetação de aterros de resíduos foi, portanto, uma das grandes preocupações da pesquisa.

Nesse sentido, os estudos ambientais que subsidiam o licenciamento ambiental dessas instalações podem constituir valiosa fonte de informações acerca das soluções técnicas propostas para recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos domésticos. A pesquisa procurou comparar as soluções técnicas propostas com o que a literatura prevê, assim como verificar de que forma vem ocorrendo a implementação das medidas propostas na região metropolitana de Campinas.

Sabe-se que a área dos aterros sanitários a ser reutilizada possui restrições com relação à estrutura de edificações. Com isto, pode-se dizer que uma das alternativas mais praticadas e viáveis para recuperação das áreas para posterior utilização é a revegetação.

1.1. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivos principais:

- a. Determinar quais os procedimentos propostos para a recuperação de aterros sanitários licenciados da Região Metropolitana de Campinas, com enfoque na revegetação;

- b. Fazer uma revisão bibliográfica abordando a recuperação de áreas degradadas, instrumentos jurídicos e administrativos aplicados ao licenciamento de aterros sanitários;
- c. Analisar criticamente estes procedimentos, comparando-os com as técnicas e procedimentos recomendados na literatura;
- d. Propor e sugerir modificações que contribuam para melhorar esses procedimentos.

1.2. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente, apresenta-se a base conceitual onde são apresentados e discutidos os temas ligados à degradação ambiental, degradação do solo, recuperação e revegetação de áreas degradadas.

Em seguida, é apresentado o aterro sanitário. Foram levantados os diversos impactos ambientais ligados a este, bem como as técnicas e procedimentos envolvidos na revegetação de aterros sanitários.

No tópico seguinte, é apresentado o processo de licenciamento ambiental de aterros sanitários no Estado de São Paulo.

Após o processo de licenciamento, são descritos os aterros sanitários da região metropolitana de Campinas com base no levantamento realizado nos órgãos ambientais competentes e em visitas técnicas.

Para finalizar, no último capítulo são apresentados os resultados, conclusões e recomendações.

2. METODOLOGIA E PLANO DE TRABALHO

2.1. MÉTODO DE ESTUDO

O método de estudo escolhido para este trabalho foi o estudo de caso. O estudo de caso enquadra-se no grupo de métodos de pesquisa denominados qualitativos, onde o foco da pesquisa é dado na compreensão dos fatos e não na sua mensuração (LAZZARINI, 1995 apud DIAS, 2001). Este método de estudo tem sido empregado para pesquisas em todas as áreas do conhecimento, notadamente administração e políticas públicas e planejamento urbano e regional, tanto em aplicações práticas como em estudos acadêmicos. (YIN, 1994 apud DIAS, 2001).

Neste método de estudo, a generalização dos resultados é limitada, dado que os casos não constituem uma amostra no sentido estatístico. Desta forma, o objetivo do pesquisador deve ser o de formular, expandir ou generalizar teorias (generalização analítica) e não quantificar frequências (generalização estatística). (YIN, op. cit.).

“De acordo com a lógica estatística, um número restrito de indivíduos (a amostra) é assumido como capaz de representar um conjunto maior (a população). Desde que precedidos de uma caracterização completa do universo e de procedimentos estatísticos para a seleção da amostra, os dados coletados naquele conjunto restrito de indivíduos podem ser estendidos para toda a população, em um intervalo de confiança definido” (DIAS, 2001).

Pelo método escolhido para esta pesquisa, não se trata de selecionar um caso ou um conjunto de casos representativos e sim selecionar alguns casos com o objetivo de se

compreender a revegetação nos aterros sanitários licenciados da Região Metropolitana de Campinas.

2.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Para se estabelecer um critério de avaliação e levantamento dos dados dos aterros licenciados, foram utilizados como base os componentes que caracterizam um aterro sanitário. Para a definição de aterro sanitário utilizou-se norma NBR 10703 (ABNT, 1989). Para se definir as obras básicas de engenharia que devem compor um aterro sanitário, bem como medidas de proteção ambiental, utilizou-se o manual do IPT/CEMPRE (2000). Além destas informações, foram levantados dados acerca da revegetação.

2.3. PROCEDIMENTOS

Primeiramente, foi feita uma pesquisa nos documentos (EIAs / RAPs / MCEs), disponíveis no DAIA ou na SMA. Basicamente, buscava-se responder:

Quais os sistemas de proteção ambiental presentes no aterro?	Esta informação foi importante para poder comparar os sistemas previstos no projeto com aqueles que estão no aterro.
Quais os sistemas de monitoramento presentes?	Estes dados foram necessários para poder verificar se os aterros estudados possuíam os sistemas de monitoramentos mínimos exigidos para serem considerados aterros sanitários.
Quais os planos para revegetação do local?	As respostas eram necessárias para se verificar quais os planos na área de revegetação.

Em seguida, foram examinados os processos existentes na Cetesb, visando a responder:

Qual é o histórico legal do aterro?	Esta questão foi importante para a compreensão do processo de licenciamento a que o aterro foi submetido.
-------------------------------------	---

Nas visitas técnicas aos aterros sanitários selecionados, procedeu-se da seguinte forma:

1. Realizou-se uma entrevista com o engenheiro responsável pelo aterro. As perguntas feitas a eles foram as mesmas feitas no estudo dos processos no DAIA, SMA e Cetesb.
2. Após a entrevista, as informações do quadro abaixo eram verificadas em campo.

SISTEMA	Presente	Ausente
Tratamento de base ou impermeabilização de fundação		
Drenagem de chorume		
Tratamento de chorume		
Coleta dos gases		
Tratamento dos gases		
Drenagem de águas pluviais		
Monitoramento de águas superficiais		
Monitoramento de águas subterrâneas		
Monitoramento de percolados		
Monitoramento da emissão de gases		
Monitoramento da massa de resíduos		
Estabelecimento de um plano de encerramento		
Revegetação		

2.4. ETAPAS DE EXECUÇÃO

As principais etapas de execução da pesquisa foram:

- 1) Revisão bibliográfica abordando especialmente aspectos relacionados à recuperação de áreas degradadas; procedimentos de recuperação de áreas degradadas em geral e em projetos de aterros sanitários em particular, com enfoque na revegetação; e técnicas de planejamento e gerenciamento ambiental aplicadas a empreendimentos de aterros sanitários;

- 2) Levantamento dos instrumentos jurídicos e administrativos, aplicados ao licenciamento de aterros sanitários;
- 3) Levantamento dos dados disponíveis na Cetesb e Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, acerca dos projetos licenciados de aterro de resíduos domésticos e co-disposição de aterros, dos últimos 10 anos na Região Metropolitana de Campinas;
- 4) Exame detalhado dos EIAs e RAPs e outros estudos ambientais que instruem os processos de licenciamento e análise crítica destes procedimentos, comparando-os com as técnicas e procedimentos recomendados na literatura; será dada prioridade para os projetos que tenham previsto programa de revegetação;
- 5) Planejamento e realização de visitas técnicas aos projetos selecionados, ou a todos os projetos aprovados, dependendo do número de casos existentes; Era previsto no projeto inicial a visita de, no mínimo, cinco projetos. Porém, durante a pesquisa, foi constatado que apenas 4 empreendimentos se enquadravam na proposta deste trabalho (etapa de execução 3).
- 6) Análise dos dados, conclusões e recomendações; e
- 7) Redação da dissertação.

3. TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS

3.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

O termo “degradação” geralmente está ligado a efeitos ambientais negativos provocados pela ação do homem. Raramente este termo é utilizado para alterações ambientais decorrentes de processos naturais. (BITAR, 1997).

Segundo alguns autores, este termo pode estar associado aos conceitos de **distúrbio** ou **perturbação**, definidos como alteração ambiental resultante da atividade humana e que não pode ser corrigida rapidamente (CAIRNS JR., 1986 apud BITAR, 1997). Observa-se aqui que o conceito está ligado à idéia de **interferência**.

MASCHIO et al. (1992) definem degradação ambiental como sendo “desgaste parcial ou total, reversível ou irreversível, de ecossistemas climáticos locais (irreversível indica tempo e/ou investimentos inviáveis em termos práticos)”. Já aqui, o termo degradação está ligado ao termo **desgaste** que reporta ao termo **destruição, extinção**. Pode-se ver a evolução do termo degradação de interferência para extinção de um ecossistema local. Neste trabalho, adota-se a definição deste autor para degradação ambiental.

Pode-se dizer que degradação engloba alteração paisagística (topografia, ecossistemas, impactos visuais), perda de capital natural (solos, biodiversidade – ecossistemas aquáticos e terrestres e toda a fauna e flora existente no local) e riscos à saúde e à segurança (solos

contaminados e resíduos tóxicos). WILLIAMS et. al. (1990) acrescenta que, além dos fatores acima citados, ocorre alteração na qualidade e regime do sistema hídrico e o desenvolvimento econômico torna-se inviável neste local.

3.2. O SOLO

3.2.1. Conceito

O **conceito de solo** varia de acordo com a área do conhecimento. Pode-se citar como exemplos a geografia, a biologia, a geologia, as várias áreas da engenharia, agronomia, entre outras.

De acordo com o geógrafo BUNTING (1971), o solo é o resultado de ações físicas, químicas e biológicas na rocha aflorada na superfície da Terra. O processo de formação se dá a partir da decomposição química e desintegração mecânica. A sucessiva colonização por microrganismos e, posteriormente, vegetais, vão transformando a superfície (manto de intemperismo inicial) até que surge o que é chamado de solo.

Segundo o agrônomo SEIXAS (1985), solo é a camada externa de material mineral e orgânico da crosta terrestre, na qual os vegetais desenvolvem suas raízes, retirando os alimentos necessários à sua nutrição.

O Dicionário AURÉLIO define solo como sendo a porção da superfície onde se anda, se constrói; terreno, quanto a suas qualidades geológicas e produtivas. A Enciclopédia Larousse explica que solo é a camada superior da Terra onde os vegetais crescem e é formado pela ação de fatores físicos e biológicos na rocha.

A NBR 6502 (ABNT, 1995) define **solo** como “Material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica.” Esta é a definição de solo adotada neste trabalho.

3.2.2. Formação dos Solos

As rochas da litosfera, se expostas ao intemperismo, sofrem a ação direta dos ventos, do calor do sol, de umidade das chuvas e do crescimento de organismos, passando por inúmeras modificações em suas características físicas e químicas.

A esses processos de transformação dá-se o nome de *intemperismo* ou *meteorização*, fenômeno responsável pela formação do material semiconsolidado que dará início à formação do **solo**.

Processos causados por intemperismo, quando agem mais no sentido de alterar o tamanho e formato das rochas são denominados: *intemperismo físico* ou *desintegração*. Outros, que modificam a composição química, são referidos como: *intemperismo químico* ou *decomposição*. A rocha, depois de alterada, recebe o nome de *regolito* ou *manto de intemperização*, porque forma uma camada que recobre as que estão em vias de decomposição. É na parte mais superficial do regolito que se forma o **solo**.

A maior parte das rochas origina-se em grandes profundidades e sob condições de temperatura e pressão elevada. Quando expostas à atmosfera, elas se tornam instáveis, uma vez que está sujeita a condições de pressão, temperatura e umidade muito diferentes daquelas do meio de onde se originaram. Assim, a diminuição da pressão faz com que surjam fendas e a oscilação de temperatura, do dia para a noite e do inverno para o verão, provoca dilatação nas épocas de calor e contração nos períodos mais frios.

Como a maior parte das rochas é constituída de mais de um mineral, que tem coeficientes de dilatação diferentes, essas variações de volume provocam o aparecimento de inúmeras rachaduras, que abrem caminho para o intemperismo químico, pela ação da água e de organismos que penetram por essas fendas.

O intemperismo químico é provocado principalmente pela água, com o gás carbônico nela dissolvido. Sua intensidade de ação é diretamente proporcional ao aumento de temperatura.

Assim, quanto mais úmido e quente for o clima, mais intenso será a decomposição dos minerais que compõem as rochas. Em regiões onde a água é escassa, como, por exemplo, nos desertos, as rochas sofrem mais intemperismo do tipo físico que químico, acontecendo o oposto nas regiões úmidas e quentes.

Nunca essa água é pura (como a água destilada). Nela sempre estão dissolvidas certas quantidades de oxigênio, gás carbônico e outras substâncias orgânicas provenientes, tanto do ar como da respiração de organismos. Isso auxilia na decomposição dos minerais, que se processa por meio de reações químicas produtoras dos minerais secundários.

As reações químicas provocam, na maior parte dos minerais, transformações que desmantelam o arranjo original dos cristais e, em consequência, desprendem alguns dos elementos químicos que estavam retidos na sua estrutura inicial. As reações químicas mais importantes são:

- ✓ Hidrólise: ataque, pela acidez da água, nas estruturas dos cristais.
- ✓ Oxidação: desintegração de minerais que possuem ferro mais solúvel (Fe^{2+}) e móvel, transformando-o em óxidos pouco solúveis.
- ✓ Redução: o oposto da oxidação; o ferro no estado menos solúvel (Fe^{3+}) é dissolvido.
- ✓ Solubilidade: dissolução completa (rocha calcária que pode formar cavernas).

A seqüência (Fig. 1) abaixo ilustra este processo, facilitando sua compreensão:

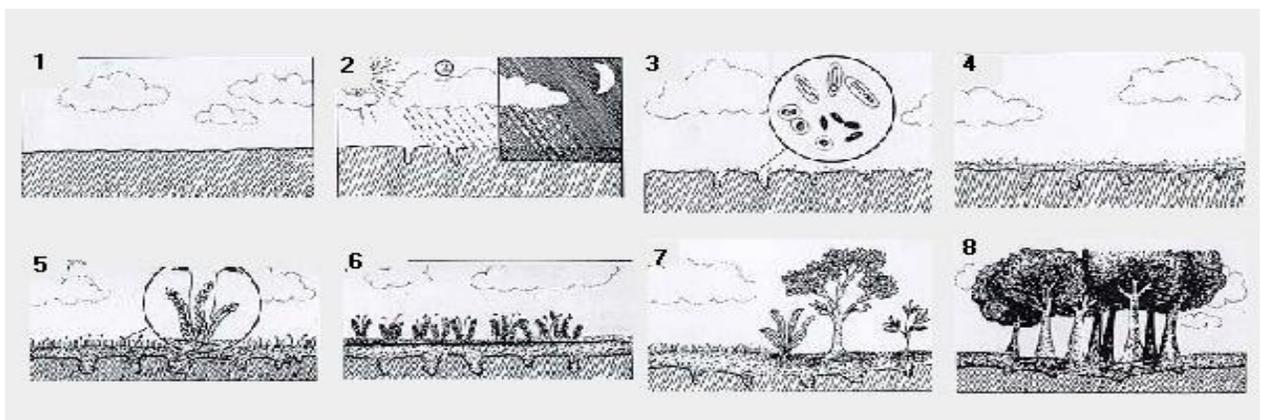


Figura 1: Etapas da formação do solo

Na figura temos:

- 1) Rocha matriz exposta.
- 2) Chuva, vento e sol desgastam a rocha formando fendas e buracos. Com o tempo a rocha vai se fragmentando.
- 3) Microrganismos, como bactérias e algas, depositam-se nestes espaços, ajudando a decompor a rocha através das substâncias produzidas.
- 4) Ocorre acúmulo de água e restos dos microrganismos.
- 5) Organismos um pouco maiores como fungos e musgos, começam a se desenvolver.
- 6) O solo vai ficando mais espesso e outros vegetais vão surgindo, além de pequenos animais.
- 7) Vegetais maiores colonizam o ambiente, protegidos pela sombra de outros.
- 8) O processo continua até atingir o equilíbrio.

3.2.3. Perfil do solo: horizontes

O processo de formação do solo varia de uma região para outra, em função do tipo de clima e, principalmente, do tipo de rocha. De modo geral, os solos são compostos por camadas ou capas, como é mostrado na figura 2

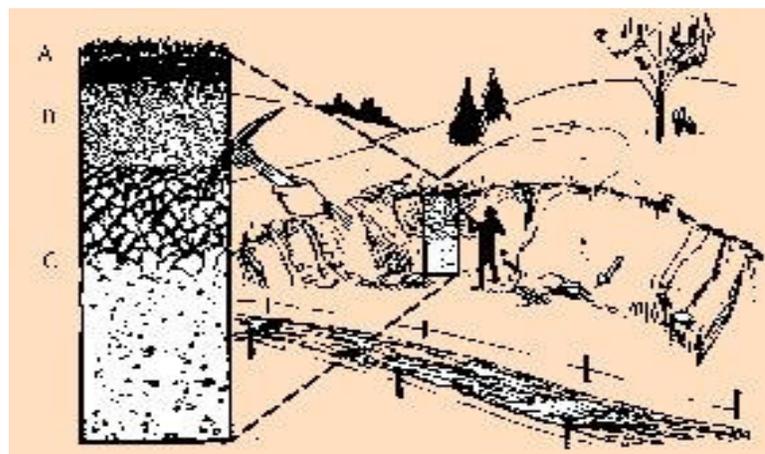


Figura 2: Perfil do solo

A: Camada orgânica: constituída por folhas e galhos que caem das árvores, fezes e restos de animais mortos. Nesta camada geralmente encontra-se o maior número de seres vivos.

B: Camada mineral: areia ou argila.

C: Rocha matriz: parte da rocha que não foi transformada.

Estas camadas são conhecidas como horizontes. Através da diferenciação dos horizontes pode-se fazer comparações entre os tipos de solo. No caso do aterro sanitário, são escolhidos locais onde o horizonte “B” é constituído de argila ou locais onde o horizonte é do tipo “C”, pois estes horizontes funcionam como isolante entre a massa de resíduos sólidos e o ambiente evitando, assim, a contaminação do solo ou do lençol freático. A camada orgânica é totalmente retirada do local para a disposição dos resíduos.

3.2.4. Classificação do solo

A composição física e química do solo varia de uma região para outra. Os tipos de solo mais comuns são:

- ✓ ARENOSO: Contém maior quantidade de areia. É um solo permeável, que não acumula tanta água e por isso forma terrenos secos.
- ✓ ARGILOSO: Contém maior quantidade de argila. O solo argiloso forma terrenos úmidos porque retém muita água, é pouco permeável. Quando fica seco pode rachar e, quando chove muito, fica encharcado.

- ✓ HUMÍFERO: Contém muito húmus. O húmus é material em decomposição. Absorve bem a água, sem deixá-la acumular-se. É também chamado de Terra Preta por ser um solo bem escuro.
- ✓ MASSAPÊ: É o solo rico em argila e areia. Muito usado na plantação de cana-de-açúcar.
- ✓ TERRA ROXA: É o mais indicado para plantações, pois contém areia, argila, calcário e húmus em quantidades equilibradas. Não é muito seco, nem úmido demais, permitindo boa circulação do ar.
- ✓ CALCÁRIO: Contém grande quantidade de cálcio.
- ✓ LATERÍTICO: É um solo impermeável, com muito alumínio, considerado impróprio para a agricultura.

Para a instalação de um aterro sanitário são recomendados os locais onde o solo seja laterítico ou argiloso.

3.3. DEGRADAÇÃO DO SOLO

Neste estudo, a degradação ambiental está ligada principalmente à degradação do solo. Segundo a NBR 10703 (ABNT, 1989), degradação do solo é a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais”.

Degradar o solo significa alterar suas propriedades físicas (estrutura, porosidade, compactidade), químicas (pH etc.) e biológicas (microorganismos) (SÁNCHEZ, 1998). São de vital importância estudos ligados à recuperação do solo pois é ele que sustenta os ecossistemas

terrestres e possui fragilidade física, química e biológica, com baixa capacidade de formação e regeneração (pedogênese), podendo levar milênios para se formar (MASCHIO et al., 1992)

A degradação do solo pode estar ligada aos mais diversos fatores tais como mineração, urbanização, poluição atmosférica, agricultura, pecuária, silvicultura, obras civis, vazamentos de tanques e outras formas de armazenamento de líquidos, deposição de resíduos sólidos industriais e domésticos (SÁNCHEZ, 1998). Neste trabalho é abordado o problema de disposição de resíduos sólidos domésticos e seus impactos no solo serão vistos mais adiante.

3.4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Devido aos problemas acima citados, é necessário recuperar a área degradada. Mas, o que significa recuperar uma área degradada?

Segundo WILLIAMS et. al. (1990), recuperar uma área degradada significa dar-lhe uma nova forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para uso do solo. Envolve a aquisição de uma condição estável, obtida em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais de seu entorno. O sítio degradado também deverá ter condições mínimas para estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

De acordo com MAJER (1989), recuperação é um termo genérico que envolve qualquer trabalho na direção de obtenção de novos usos para uma área degradada. Existe um termo mais restrito utilizado por este mesmo autor, a reabilitação, que envolve a recuperação da área em direção a uma condição biológica satisfatória, esta podendo ter atividades lucrativas ou não. A reabilitação pode ser classificada em reabilitação condicional, em que o homem condiciona os fenômenos naturais em uma determinada direção (Ex.: pastagens, plantações) ou reabilitação auto-sustentável, em que o homem age até o ponto no qual a natureza pode continuar caminhando

sozinha por equilíbrio biológico (Ex.: reflorestamento para fins de manutenção da flora e fauna selvagens).

O termo remediação é utilizado por ACCIOLY & SIQUEIRA (2000) como sendo o “conjunto de práticas ou processos que visem a atenuação ou correção do impacto de agentes contaminantes, para garantir a funcionalidade do ecossistema, bem como evitar a expansão da contaminação”. Na literatura técnica internacional encontra-se o termo remediação ligado ao resultado final de medidas tomadas para o tratamento dos solos ou águas superficiais e subterrâneas contaminadas por resíduos ou rejeitos devido ao caráter predominantemente químico do tratamento utilizado (E.U.A., 1990 apud BITAR, 1997).

COOKSON (1995) fala do termo biorremediação em que são aplicados princípios de processos biológicos no tratamento do solo, lodo ou águas contaminadas por compostos químicos perigosos. Tem-se aqui “bio”, que significa “vida”, mais remediação, que significa “dar remédio” (o remédio pode curar ou amenizar um processo danoso). Ou seja, biorremediação quer dizer corrigir ou amenizar os efeitos danosos de uma área através de processos biológicos. Geralmente, este termo é utilizado para técnicas microbiológicas de recuperação de sítios degradados.

DOWN & STOCKS (1977 apud BITAR, 1997) consideram o termo restauração que compreende o processo de restabelecer as condições prévias de uso do solo, sendo qualquer outra alternativa correspondente à recuperação.

WILLIAMS et. al. (1990) acrescenta que o termo restauração seria gerar as condições para que a área degradada voltasse ao estado original.

CAIRNS (1986 apud BITAR, 1997) considera que este processo é muito difícil (senão impossível) de ser conseguido. Segundo este mesmo autor, existiriam as seguintes possibilidades: **restauração**, representando um retorno próximo às condições ambientais originais; **reabilitação**, representando o alcance de algumas condições iniciais; e **desenvolvimento de ecossistemas alternativos**, como sendo desenvolvido um ecossistema diferente do original.

Neste trabalho será adotado o termo recuperação, já que o mesmo é o mais difundido, tornando assim o trabalho mais acessível ao público em geral, embora o termo **reabilitação** seja o mais adequado.

A partir das definições acima discutidas, pode-se concluir que recuperação ambiental é tornar uma área degradada apta, a partir da aplicação de técnicas específicas de manejo (SÁNCHEZ, 1998), ou seja, possibilitar que a área possa ser utilizada para outros fins, sejam estes lucrativos (estabelecimento de novos empreendimentos no local) ou não (área de reserva de floresta de vegetação nativa, área de lazer etc).

A recuperação de uma área degradada depende de um planejamento. Segundo SÁNCHEZ (1998), os planos de recuperação de áreas degradadas ou planos de encerramento de obras são ferramentas para reparar o acúmulo de danos ambientais gerados na abertura e operação do sítio de disposição de resíduos. O abandono destas áreas sem um prévio planejamento de sua recuperação é danoso para o meio ambiente e inaceitável economicamente. A área deve ser desativada de forma cuidadosa e ordenada, com a mesma atenção dedicada quando de sua construção.

De acordo com BARTH (1989), o planejamento de recuperação deve ser uma atividade contínua, acontecendo antes da implantação do empreendimento, durante sua operação e depois do encerramento das atividades. É no planejamento que se deve delinear claramente o uso futuro da área recuperada (WILLIAMS et. al., 1990).

Como este trabalho está direcionado para o impacto causado por resíduos sólidos domésticos dispostos no solo, é necessário saber o que significa recuperação do solo.

De acordo com a NBR 10703 (ABNT, 1989), recuperação do solo é o “processo de manejo do solo no qual são criadas condições para que uma área perturbada ou mesmo natural seja adequada a novos usos”. Segundo a mesma norma, reabilitação do solo é a “forma de recuperação do solo em que uma área perturbada é adequada a um uso determinado e novo ou

àquele de antes da perturbação, segundo projeto prévio”. Estes usos podem ser comercial, industrial, habitacional, agrícola, conservação ambiental, recreativo, lazer, cultural, entre outros.

3.5. REVEGETAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A recuperação de danos no solo implicará em atingir condições de estabilidade física, química e biológica. Uma das técnicas aplicadas na recuperação de áreas degradadas visando atingir estas condições é trabalhar com a revegetação do solo.

A técnica de revegetação é utilizada em áreas degradadas com o propósito de evitar a erosão, recuperar o solo, evitar a poluição da água, auxiliar no retorno da fauna e flora nativas. Na maioria das vezes, para obter resultados no curto prazo, o empreendedor utiliza plantas exóticas de rápido crescimento, como por exemplo eucaliptos e pinus.

Se a finalidade for florestamento comercial, isto pode ser aceitável pois dentre os objetivos a serem alcançados é a renda originária da produção de madeira para beneficiamento e combustível e cultura perene. Porém, o aspecto de preservação ambiental fica em segundo plano pois este tipo de vegetação não favorece o retorno da vida selvagem e não é recomendada (WILLIANS et. al., 1990). Obviamente, existe todo um equilíbrio biológico próprio da região com interações ecológicas que devem ser respeitadas. Desta maneira, conclui-se que este tipo de plantio não serve para fins de conservação da fauna e flora locais.

WILLIANS et. al., fazem as seguintes recomendações:

1. Para que a revegetação ocorra, basicamente é necessário plantar mudas de espécies nativas. Estas mudas podem ser cultivadas no local ou compradas. Para o cultivo no local é necessário instalar um viveiro e coleta de sementes. O solo deve ser tratado previamente com técnicas agronômicas apropriadas tais como correção de pH e fertilização antes do plantio, colocação de serrapilheira.
2. A seleção de espécies deverá contemplar serrapilheira ou herbáceas cultivadas, espécies arbustivas e arbóreas, podendo estas ser nativas ou exóticas. Deve-se ter um cuidado especial

na escolha de espécies exóticas verificando se as mesmas não irão interferir no desenvolvimento da flora nativa.

3. A manutenção deve incluir nova semeadura ou plantio em caso de mau desenvolvimento, controlar deficiência nutricional, toxidez, doenças e pragas, não permitir pastoreio nos primeiros anos para que o trabalho de revegetação não seja perdido, minimizar competição por elementos essenciais de herbáceas com as mudas através do coroamento (eliminação das herbáceas que estão ao redor da muda) e manejo da predominância das espécies para evitar que uma espécie mais forte mate as mais fracas gerando a diminuição da diversidade.

4. ATERROS SANITÁRIOS

4.1. DEFINIÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

Segundo a NBR 10703 (ABNT, 1989) aterro sanitário é uma forma de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, confinando os resíduos sólidos no menor volume possível, através de princípios de engenharia, cobrindo-os com uma camada de terra ao final de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário.

Muitas vezes confunde-se o aterro sanitário com lixão ou aterro controlado. O lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem qualquer critério de engenharia, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. (IPT/CEMPRE, 2000). Se este mesmo resíduo, nestas mesmas condições, é coberto por uma camada de material inerte, temos então o aterro controlado. Neste caso, temos o impacto visual amenizado e o controle de vetores de doenças controlado. Porém, a contaminação do solo por chorume permanece.

Neste trabalho, é estudado o aterro sanitário que recebe os resíduos sólidos Classe 2. De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 1987), os resíduos sólidos são classificados quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. São adotados:

a) Resíduos Classe I - Perigosos: Apresentam periculosidade ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Ex: baterias, produtos químicos.

b) Resíduos Classe II - Não Inertes: Não se enquadram como resíduos classe I - Perigosos ou resíduos classe III - Inertes e podem ter as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Ex: matéria orgânica e papel.

c) Resíduos Classe III - Inertes: Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas. Ex: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

A versão NBR 10004 (ABNT, 2004) junta os resíduos classe II e III, ficando resíduos Classe IIa (não inertes) e Classe IIb (inertes).

4.2. IMPACTOS, CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO DO SOLO DEVIDO À ATERROS SANITÁRIOS

Os numerosos impactos ambientais que podem ser gerados por um aterro sanitário (GANDOLLA, M., FISCHER, C., ACAIA, C., 1997), são ocasionados principalmente pelo mau gerenciamento. Dentre os impactos gerais, pode-se destacar (BANCO MUNDIAL, 1994):

- Tráfego de veículos pesados e tratores que geram ruídos, poluentes atmosféricos;
- Liberação de gases, odor e material particulado;
- Degradação da paisagem gerando o impacto estético;
- Degradação do meio biológico (morte de espécies vegetais, morte e fuga de animais, desenvolvimento de vetores de doenças, destituição da camada orgânica do solo);

- Geração de percolato ou chorume (líquido resultante da decomposição natural anaeróbia dos resíduos orgânicos), que é um agente potencialmente poluidor;
- Contaminação do solo por metais pesados, sais, hidrocarboneto clorado e microrganismos patogênicos contidos na massa de resíduos;
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas através de percolato e chorume.

Dentre os impactos citados, pode ser destacada a contaminação da água dada sua importância e área de abrangência.

A disposição de resíduos sólidos domésticos no solo sem a adoção de técnicas de proteção ambiental, que evitam o vazamento do chorume para o solo ou lençol freático, causa contaminação do solo e águas subterrâneas, principalmente por metais pesados, pela infiltração de líquidos percolados (chorume) (HEITZMANN Jr., 1999). A contaminação do solo dá-se quando os metais pesados ocorrem em concentrações que afetem o funcionamento natural do ecossistema (ACCIOLY, 2000).

Uma vez ingeridos, os metais pesados não são mais eliminados pelo organismo. À medida que se acumulam no organismo, os efeitos danosos vão aumentando, podendo gerar até a morte dependendo da concentração.

4.3. TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM ATERROS SANITÁRIOS

Para que se possa proteger o ambiente e se utilizar a área para outros fins em um momento futuro é necessário tomar providências para evitar que o sítio de depósito de resíduos sólidos domésticos transforme-se em foco de poluição da região, promover a estabilidade física da área e assegurar um ambiente saudável para os moradores da região. Para isto é preciso um

planejamento criterioso e monitoramento da área (SÁNCHEZ, 1998). É necessário adquirir a mentalidade de que o empreendimento está utilizando o solo temporariamente, e que o terreno ficará poderá ser usado para novas atividades.

Dentre os sistemas de proteção ambiental e minimização de impactos mais utilizados, têm-se (MÃOS NA TERRA ESTAÇÃO DE VIVÊNCIA AMBIENTAL, 2002):

- a) Estabelecimento de um plano de encerramento - O plano de encerramento é fundamental para otimizar a proteção ambiental e revegetação. Isto porque se pode operar o aterro de modo que os usos futuros da área sejam contemplados, minimizando os gastos. Não será necessário terminar uma obra (aterro) e iniciar outra (utilização futura). O aterro vai sendo administrado e operado de modo que, quando encerrado, já está apto para o uso revisto no plano. Como afirma BITAR (1987), a recuperação de áreas degradadas no meio urbano tende a exigir, desde seu planejamento, soluções sincronizadas com a destinação futura do local e compatível com a demanda do uso do solo nas cidades
- b) Estabelecimento de um plano de emergência - Ele possibilitará a minimização do impacto no ambiente gerado por acidentes.
- c) Controle da retirada da cobertura vegetal de solo superficial – Não só o controle como também o armazenamento em condições adequadas para uso posterior é importante para que a terra fértil possa ser utilizada no encerramento das células. Isto facilita a revegetação pois possibilita a utilização de terra fértil do local, evitando-se compra ou retirada deste material de outro local.
- d) Sistema de pré-tratamento dos resíduos a serem dispostos - Como exemplos, podem ser citados: o pré-tratamento dos resíduos hospitalares, que antes de serem colocados no aterro, são descontaminados e a triagem de resíduos sólidos que podem ser reciclados.
- e) Sistema de tratamento de base ou impermeabilização de fundação - O solo deve ser impermeabilizado por camadas de solo compactado ou geomembranas para evitar

contaminação. Isto dependerá dos níveis de permeabilidade do solo. Como exemplo, tem-se a manta de polietileno de alta densidade (PEAD) que é a mais usada atualmente para a impermeabilização de base.

- f) Sistema de drenagem e tratamento de chorume - É necessário um sistema de coleta do chorume produzido pelo aterro e seu devido tratamento antes que o mesmo seja liberado ao ambiente.
- g) Sistema de coleta e tratamento dos gases - É necessário a canalização e tratamento dos gases gerados pelo aterro, pois podem ser explosivos e carcinogênicos para os moradores da região em determinadas concentrações (SÁNCHEZ, 1998). Geralmente, o aterro trabalha em processo anaeróbio de decomposição gerando principalmente metano. A drenagem é geralmente feita por um sistema de drenos e o metano é queimado.
- h) Sistema de drenagem de águas pluviais - O sistema de drenagem deve ser concebido de modo a reduzir o volume de água em contato com os resíduos e, conseqüentemente, o volume de chorume a ser tratado.
- i) Sistema de cobertura - O sistema de cobertura com material inerte deve ser bem feito para impedir que o resíduo depositado no aterro fique exposto, atraindo animais vetores de doenças.
- j) Sistema de monitoramento - É muito importante o monitoramento durante o funcionamento do aterro e também após seu fechamento. Isto inclui o monitoramento da qualidade da água do lençol freático, amostragem e análises físico-químicas periódicas do percolado gerado, acompanhamento da classificação dos resíduos recebidos, acompanhamento de possíveis recalques e movimento de massa de resíduos, inspeção e manutenção dos sistemas de drenagem, acompanhamento da emissão de gases. É necessário o acompanhamento dos impactos ambientais positivos e negativos surgidos da

implantação e operação do aterro. Os dados gerados pelo monitoramento deverão alimentar o sistema de gestão, direcionando as medidas corretivas e preventivas.

4.4. REVEGETAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS

Existem muitas vantagens relacionadas ao método de revegetação para recuperação ambiental ligadas à sua natureza permanente, proteção do solo contra erosão eólica e hídrica, baixos custos de manutenção, aumento da fertilidade e melhoria na estruturação do solo, além de permitir a sucessão biológica na área (ACCIOLY, A. M. A. & SIQUIERA, J. O., 2000). Além disto, é a opção mais barata para a empresa e, atualmente, existe uma grande demanda por áreas verdes.

Vale destacar também que a área do aterro sanitário a ser reutilizada possui severas restrições com relação à estrutura de edificações. Com isto, pode-se dizer que uma das alternativas mais praticadas e viáveis para recuperação da área de aterro sanitário para posterior utilização é a revegetação. (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN, & VIRGIL, 1993; DECISION, 1982; FEAM, 1995)

Para se trabalhar com revegetação deve-se levar em conta os fatores físicos, químicos e biológicos que irão interferir no desenvolvimento das espécies vegetais que irão ser utilizadas no local. Estes fatores são condicionados ao tratamento que o aterro levará em seu período de vida e composição do resíduo. Como já foi dito anteriormente, neste trabalho são abordados os aterros que recebem resíduos sólidos Classe II, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 1987).

4.4.1. Fatores limitantes que dificultam o desenvolvimento da vegetação em aterros sanitários

Dentre os fatores que interferem negativamente no crescimento das espécies vegetais, podem ser citados: toxicidade para as raízes das plantas, baixo suprimento de oxigênio, baixa capacidade de troca catiônica e pobreza de nutrientes, baixa retenção de água pelo solo, alta

compactação do solo e porosidade, alta temperatura do solo, destruição da estrutura do solo, movimentação diferencial da água, recalques diferenciais, toxicidade pela presença de metais pesados, saturação da camada de cobertura. (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN, & VIRGIL, 1993; ANDRADE, 2000).

a) Toxicidade para as raízes das plantas

Segundo TCHOBANOGLIOUS, THEISEN, & VIRGIL (1993), 95% dos gases produzidos pelo processo anaeróbico de decomposição de um aterro sanitário compõem-se de CO_2 e CH_4 . O CO_2 é diretamente tóxico para as plantas em altas concentrações. O CH_4 não é tóxico para as plantas, porém ele acaba por deslocar todo o oxigênio do solo ocupando seu espaço e gerando um ambiente anaeróbico, que pode causar a morte das plantas e de outros microorganismos por asfixia.

b) Baixo suprimento de oxigênio, baixa retenção de água pelo solo, baixa porosidade, destruição da estrutura do solo devido a alta compactação

A manutenção das células depende de alta compactação para gerar estabilidade mecânica. A compactação do solo diminui sua porosidade, fazendo com que sobre pouco espaço para o oxigênio entrar. Como consequência, tem-se pouca oxigenação para as raízes das plantas. O mesmo problema ocorre na retenção da água pelo solo.

O solo é formado por unidades estruturais compostas que se formam a partir de unidades primárias. O “encaixe” destas unidades ou partículas compostas define a estrutura do solo. O processo de cobertura final do aterro, que envolve compactação, gera mistura e reviramento do solo causando quebra da estrutura original de formação. Além disso, o solo de cobertura nem sempre é do mesmo local vindo de outras áreas e constituído de outros horizontes. Desta forma, o solo de cobertura do aterro não possui a mesma estrutura de um solo natural.

c) Movimento diferencial da água no solo

O processo de compactação com máquinas não comprimem o solo uniformemente. Com isto, têm-se diferenças de permeabilidade ao longo da área, fazendo com que a água tenha escoamentos horizontais preferenciais, diferente das condições de um solo natural (TCHOBANOGLOUS, THEISEN, & VIRGIL, 1993).

d) Baixa capacidade de troca catiônica

Capacidade de troca catiônica é a capacidade que as plantas têm de trocar cátions com o solo, baseada no excesso de cargas existentes nas partículas sólidas. O crescimento dos vegetais está diretamente ligado a este fator. Desta maneira, as plantas têm seu crescimento limitado em aterros devido a este fator (TCHOBANOGLOUS, THEISEN, & VIRGIL, 1993). Em solos de origem tropical é de se esperar que este problema se apresente com maior frequência (ANDRADE, 2000).

e) Pobreza de nutrientes

A pobreza de nutrientes no solo refere-se à pobreza de elementos químicos essenciais para o crescimento e manutenção da planta. Estes nutrientes podem ser classificados em macronutrientes (absorvidos em grandes quantidades pela planta) e micronutrientes (absorvidos em pequenas quantidades pela planta). Dentre os principais macronutrientes temos: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre. Os principais micronutrientes são: cloro, cobre, ferro, manganês, zinco, molibdênio e boro (TOMÉ JR., 1997).

De acordo com TCHOBANOGLOUS, THEISEN, & VIRGIL (1993), este é um fato que ocorre em aterros de várias partes do mundo. No caso de solos tropicais este fator se agrava devido à grande intemperização e perda de nutrientes por lixiviação (ANDRADE, 2000). Porém, é importante destacar que não se pode generalizar as deficiências, pois estas dependem das condições particulares de cada local.

f) Alta temperatura do solo

Devido ao processo de decomposição da matéria orgânica no aterro sanitário, ocorre aumento considerável de temperatura no solo, podendo chegar a temperaturas acima de 40°C. Este fator gera estresse para a planta. Este fato é acentuado em regiões tropicais onde o solo está mais exposto à insolação, podendo gerar temperaturas insuportáveis para as raízes (ANDRADE, 2000).

g) Recalques diferenciais

Devido ao processo natural de decomposição do material orgânico, aliado a perda de umidade do resíduo, espaços vazios aparecem no interior do aterro ocasionando, por sua vez, recalques diferenciais. Este fenômeno pode causar lesão e quebra de raízes (ANDRADE, 2000).

h) Toxicidade pela presença de metais pesados

A disposição de resíduos sólidos domésticos pode causar a contaminação do solo e águas subterrâneas, principalmente com metais pesados pela infiltração de líquidos percolados (chorume) (HEITZMANN Jr., 1999).

Esta contaminação pode atingir plantas estabelecidas no aterro, cujos frutos e folhas podem ser consumidos por pessoas que residem no entorno do aterro (ANDRADE, 2000). As plantas contaminadas por metais pesados apresentam sintomas característicos como: folhas amareladas e com lesões, envelhecimento precoce, grande ramificação das raízes logo abaixo da superfície do solo, desenvolvimento precoce (formação exagerada de frutos e escassez de folhas), plantas murchas, nanismo, aridez da copa, engrossamento na base do tronco (KONOLD & ZELTNER, 1983 apud ANDRADE, 2000).

i) Saturação da camada de cobertura

De acordo com ANDRADE (2000), a saturação da camada de cobertura pode ocorrer por três razões: acúmulo de água pluvial na superfície, acúmulo de chorume ou subida do lençol freático.

O acúmulo de água pluvial na superfície se dá devido à deficiência na drenagem de água. Este fator pode promover a asfixia das raízes e propagação de doenças. O acúmulo de chorume ocorre também em decorrência da falha na drenagem de chorume do interior do aterro. O chorume pode gerar a intoxicação e asfixia das plantas. A subida do lençol freático pode ocorrer devido ao excesso de chuvas. A água se mistura com o chorume e sobe para a superfície, podendo causar os problemas acima citados.

4.5. PLANEJAMENTO DA REVEGETAÇÃO EM ATERROS SANITÁRIOS

O planejamento da revegetação requer estudos de engenharia com critérios técnicos e procedimentos adequados envolvendo, por exemplo, estudo da contaminação, captação de gases, drenagem de percolados, acesso para manutenção, além dos condicionantes normais tais como espessura e características do solo, clima e vegetação da região, entre outros.

De acordo com LASSINI, P. BALLARDINI, P. et. al. (1997), que desenvolveram um trabalho durante cinco anos no aterro sanitário do município de Cavenago di Brianza (província de Milão, região da Lombardia, Itália), é fundamental a qualidade e espessura da camada final em aterros sanitários para facilitar a regeneração ambiental e estabelecimento de vegetação. A conclusão dos autores é de que a camada deveria ter, no mínimo, um metro.

TCHOBANOGLIOUS, THEISEN, & VIRGIL (1993) apresenta alguns passos a serem seguidos para se determinar as condições ambientais do solo, gerando um melhor planejamento de revegetação em aterros sanitários. Primeiramente, deve-se realizar uma inspeção visual do local, verificando se existe vegetação no local, quais as condições de saúde em que se encontram essas plantas e os problemas gerais na área. O segundo passo é identificar se a decomposição do aterro é anaeróbica através da verificação da emissão de metano. Depois de verificadas as condições gerais, devem-se testar o solo com relação às suas propriedades agronômicas, dentre

as quais podem-se destacar macronutrientes, micronutrientes, pH, condutividade, matéria orgânica.

De acordo com a análise prévia realizada, podem-se destacar alguns itens importantes e que podem ser desenvolvidos antes do fechamento para preparar o aterro para o estabelecimento dos vegetais na área do aterro (adaptado de TCHOBANOGLOUS, THEISEN, & VIRGIL, 1993):

- a) Barramento ou retirada do gás da rizosfera para reduzir o efeito asfixiante que o metano pode gerar para a planta. Podem ser feitos:
 - ✓ Montículos de terra com um metro de altura, com ou sem geomembrana abaixo.
 - ✓ Cavidades escavadas com geomembrana por baixo.
- b) Formação de zonas livres de resíduos, que facilitariam o estabelecimento de espécies arbóreas no local. Segundo ANDRADE (2000), se existem zonas livres pode-se reservá-las para cultivo de espécies de raízes profundas.
- c) Remoção dos resíduos nas zonas de plantio de árvores, embora este seja um recurso caro. Porém, se levarmos em consideração que cada árvore teria que ter seu montículo ou cavidade com geomembrana, este método acaba sendo adequado.
- d) Segregação dos materiais biodegradáveis, pois os mesmos geram gases tóxicos para as plantas. Se fossem separados no aterro o material orgânico do material inerte, seria possível estabelecer locais relativamente livres de gases tóxicos.
- e) Correção da fertilidade e acidez do solo, é uma prática comum em países de clima tropical, onde predominam latossolos. Com isto, é possível disponibilizar macro e micronutrientes, fornecimento de cálcio e magnésio, redução do teor de alumínio (ANDRADE, 2000).

- f) Estoque da camada superficial do solo que seria usado para cobertura final. Isto facilitaria o estabelecimento de espécies nativas do local, minimizando o estresse.

- g) Uso de resíduos vegetais no local; serviriam para controle da erosão (proteção superficial principalmente da erosão pluvial), retenção da umidade (a capa de resíduos retarda a evaporação), adição de nutrientes (provenientes da decomposição do resíduo orgânico), moderação da temperatura do solo (homogeneização da temperatura superficial) e inibição do crescimento de plantas invasoras (uma capa de dez a quinze centímetros é bastante eficiente para inibir a germinação de sementes). Apesar destas vantagens, existem algumas desvantagens tais como: introduzir organismos que causam doenças; introdução de sementes indesejada; necessidade de reaplicação constante da matéria orgânica para que se mantenha a altura desejada; dependem da composição dos resíduos vegetais, podem ser gerados compostos tóxicos e inibidores de germinação.

4.6. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS ESPÉCIES MAIS ADEQUADAS

A seleção das espécies mais adequadas dependerão das particularidades do aterro a ser revegetado e dos objetivos a serem alcançados. De modo geral, as plantas arbustivas e arbóreas apresentam maior dificuldade de se estabelecerem, pois possuem raízes mais profundas e, desta forma, sofrem maior influência do ambiente.

Foram encontradas referências de trabalhos desenvolvidos na Alemanha, Argentina, Itália e EUA. De modo geral, as espécies apresentam comportamentos diferenciados principalmente quanto à formação de raízes e folhas.

ANDRADE (2000) relata que no Brasil não encontrou nenhuma referência ao assunto, embora fosse possível observar espécies arbóreas que se desenvolviam naturalmente em aterros

(fotos 1 e 2). Em seu trabalho foram feitos experimentos de revegetação com espécies arbóreas e arbustivas no aterro de Santo Amaro/SP. Foram avaliadas as condições de fertilidade e presença de poluentes na camada superficial. Após isto, foram plantadas 2416 mudas pertencentes a 23 espécies arbóreas e arbustivas com microsimbiontes e avaliadas em aspectos iniciais de estabelecimento e desenvolvimento. Dentre as conclusões obtidas com relação ao cultivo vegetal, algumas espécies apresentaram-se capazes de vegetar no local apesar dos fatores desfavoráveis, indicando a importância e necessidade de estudos nesta linha com o objetivo de se recuperar áreas importantes em metrópoles brasileiras.

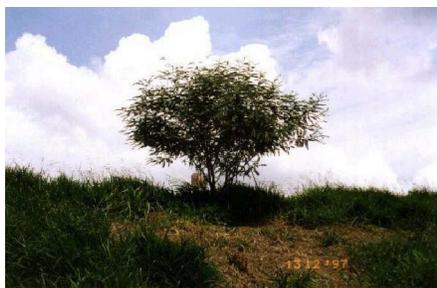


Foto 1: *Sesbania virgata* vegetando no aterro de Santo Amaro / SP (ANDRADE, 2000)

Foto 2: *Enterolobium contorsiliquum* no aterro de Santo Amaro / SP – Árvore plantada na célula do aterro (ANDRADE, 2000)



TCHOBANOGLIOUS, THEISEN, & VIRGIL (1993) dá algumas diretrizes para o plantio de espécies arbóreas. Podem ser utilizadas plantas autóctones (nativas do local) ou não-autóctones. A opção de plantas autóctones geralmente é a mais barata pois podem-se utilizar as sementes das plantas do próprio local facilitando o trabalho e barateando o custo da produção de mudas. Esta opção também é utilizada no caso de se tratar de espécies endêmicas em extinção. No caso de espécies não-autóctones deve-se utilizar espécies que crescem em zonas climáticas

semelhantes. No Brasil, por exemplo, são utilizadas as gramíneas próprias de pastagens tais como *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria bizantha* (ANDRADE, 2000).

Alguns pontos devem ser levados em conta quando se pretende trabalhar com espécies arbóreas:

- a) Velocidade de crescimento. - As espécies mais lentas têm maior chance de adaptação e necessitam de menos umidade (problema comum na camada superficial do aterro). Apesar desta indicação, LASSINI, P. BALLARDINI, P. et. al. (1997) chegam à conclusão em seu trabalho que as plantas pioneiras de crescimento rápido têm mais chances em aterros por serem naturalmente adaptadas a condições adversas.
- b) Tamanho da árvore. - As árvores menores possuem raízes menores e, desta forma, ficam mais na superfície e evitam o contato com o gás do aterro.
- c) Profundidade das raízes. - As espécies com raízes menos profundas são as mais indicadas para os aterros, embora necessitem de mais água e sejam mais propensas ao tombamento.
- d) Tolerância a inundações. - A alta compactação do solo superficial dificulta a penetração da água, causando inundações na superfície.
- e) Simbiose com microorganismos. - Os fungos que se associam às raízes destas plantas facilitam a absorção de nutrientes.
- f) Resistência a pragas e doenças. - Plantas sensíveis a doenças ou a ataques de pragas não devem ser plantadas em aterros sanitários.

5. PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

5.1. REGULAMENTAÇÃO BÁSICA E COMPETÊNCIAS

O licenciamento ambiental está previsto na Lei Federal 6.938/81, que estabelece as diretrizes da Política Nacional de Meio Ambiente (CETESB, 2003), e é caracterizado por três fases distintas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

Complementando a Lei Federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) definiu os empreendimentos e atividades que estão sujeitos ao licenciamento ambiental por meio da Resolução 237, de 19 de dezembro de 1997 (CETESB, 2003).

Em São Paulo, as bases legais para o licenciamento e controle de atividades poluidoras estão estabelecidas desde 1976, quando foi promulgada a legislação ambiental do Estado. Dessa forma, a construção, instalação, ampliação e funcionamento de qualquer estabelecimento ou atividade geradora de poluição, ou que explore os recursos naturais, só podem ocorrer após a obtenção da licença ambiental.

A última atualização na legislação ambiental de São Paulo foi feita através dos decretos 47.400 e 47.397, de 04 de dezembro de 2002 (CETESB, 2003). Vale destacar que o Decreto Estadual 47.400/02, artigo 5º, institui procedimento obrigatório de notificação de suspensão ou

encerramento de atividade para empreendimentos sujeito ao licenciamento acompanhado de um plano de desativação e restauração e/ou recuperação da qualidade ambiental. A licença é expedida pela Secretaria do Meio Ambiente, por meio da Cetesb.

A Cetesb, órgão vinculado à Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA), tem como atribuições principais a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo, com base na Lei Estadual 997/76 e seu Regulamento aprovado pelo Decreto Estadual 8468/76 (CETESB, 2003).

Dentro dessas atribuições, a Cetesb atua corretivamente nos estabelecimentos industriais considerados regularmente existentes à data da publicação do Regulamento acima mencionado e preventivamente por meio do licenciamento, nos estabelecimentos criados desde então. O sistema de licenciamento implantado na Cetesb tem como principal objetivo o controle preventivo de fontes de poluição ambiental, estabelecidas a partir de 8 de setembro de 1976. As fontes de poluição instaladas antes desta data são dispensadas da licença de instalação, porém pode ser convocadas para a obtenção de licença de operação. Deste modo, o sistema, ao menos em tese, abrange todas as fontes de poluição.

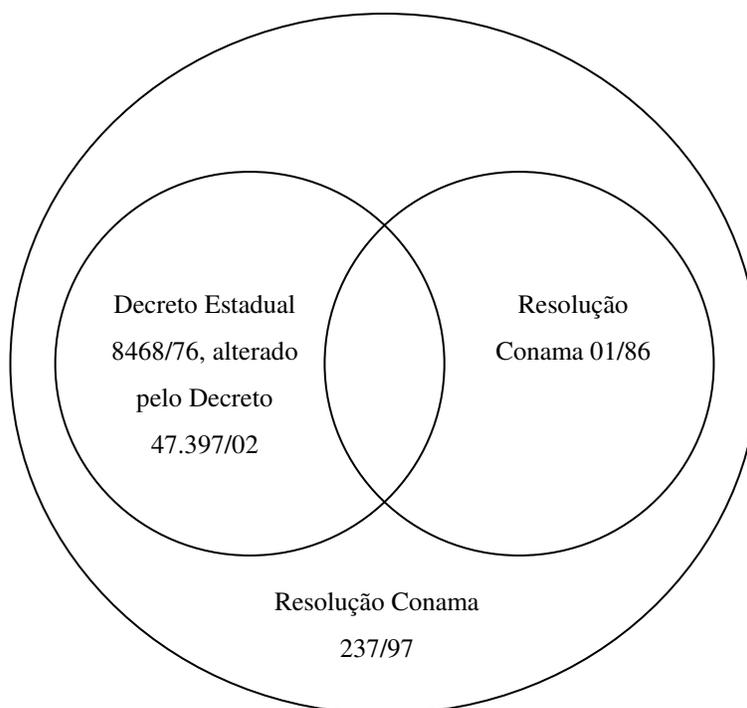
As licenças emitidas pela Cetesb são a LP, a LI e a LO. Dependendo da situação, a LP é emitida pela Secretaria do Meio Ambiente após parecer do Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (Daia).

Estas licenças têm prazo de validade e devem ser renovadas, como dispõe o Decreto Estadual 47.400, de 04 de dezembro de 2002, e seu Regulamento (CETESB, 2003).

5.2. EMPREENDIMENTOS SUJEITOS AO SISTEMA DE LICENCIAMENTO

O processo de licenciamento no Estado de São Paulo é complicado, pois várias listas de atividades se sobrepõem. A Resolução Conama 237/97 traz a lista geral dos empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. A Resolução Conama 01/86 traz a lista geral dos empreendimentos sujeitos à avaliação de impacto ambiental. O Decreto Estadual 8468/76, alterado pelo Decreto 47.397/02 (CETESB, 2003), traz a lista de empreendimentos sujeitos ao licenciamento e os vários dispositivos estaduais (Resoluções da SMA e deliberações do Consema – Conselho Estadual do Meio Ambiente) definem as regras para triagem dos empreendimentos no que se refere a apresentação ou não do EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental). Graficamente, temos a seguinte distribuição de listas:

Figura 3: Sobreposição das listas de atividades sujeitas a licenciamento ambiental de acordo com a legislação federal e estadual (SÁNCHEZ, L. E. & DIAS, E. G., 2003)



A Cetesb utiliza a lista do Decreto Estadual 8468/76 , alterado pelo Decreto 47.397/02 (CETESB, 2003). A SMA por meio do Daia, utiliza a lista da Resolução Conama 01/86, artigo 2º como pode ser observado na figura 1.

O Decreto Estadual 8.468 (CETESB, 2003), promulgado em 08/09/76 é a base para o licenciamento dentro do Estado de São Paulo, embora este tenha sido atualizado pelo Decreto Estadual 47.397/02 (CETESB, 2003). Desta forma, o Decreto Estadual 8.468 traz a lista geral e o Decreto Estadual 47.397/02 define as fontes de poluição que dependem do licenciamento da Cetesb e aquelas fontes de poluição que podem ser licenciadas somente pelo município, desde que o mesmo tenha um conselho municipal do meio ambiente, legislação própria para o assunto e em vigor, e técnica disponíveis para a avaliação dos processos.

De acordo com esta regulamentação (DE 8468/76, artigo 57) ficaram sujeitos ao sistema de licenciamento sendo consideradas fontes de poluição (CETESB, 2003):

1. Atividade de extração e tratamento de minerais, excetuando-se as caixas de empréstimo;
2. Atividades industriais e de serviços, elencadas no anexo 5;
3. Operação de jateamento de superfícies metálicas ou não metálicas, excluídos os serviços de jateamento de prédios ou similares;
4. Sistemas de saneamento
5. Usinas de concretos e concretos asfáltico, inclusive instaladas transitoriamente, para efeito de construção civil, pavimentação e construção de estradas e de obras de arte;
6. Hotéis e similares que queimem combustível sólido ou líquido;

7. Atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais, ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, inclusive os crematórios;
8. Serviços de coleta, armazenamento, transporte e disposição final de lodos ou materiais retidos em unidades de tratamento de água, esgotos ou de resíduos industriais;
9. Hospitais, inclusive veterinários, sanatórios, maternidades e instituições de pesquisas de doenças;
10. Todo e qualquer loteamento ou desmembramento de imóveis, condomínios horizontais ou verticais e conjuntos habitacionais, independentemente do fim a que se destinam;
11. Cemitérios horizontais ou verticais;
12. Comércio varejista de combustíveis automotivos, incluindo postos revendedores, postos de abastecimento, transportadores revendedores retalhistas e postos flutuantes;
13. Depósito ou comércio atacadista de produtos químicos ou de produtos inflamáveis;
14. Termoelétricas.

Na lista acima citada, os aterros sanitários de resíduos sólidos enquadram-se no item 4: Sistemas de saneamento.

5.2.1. Empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental

A lista que serve de base para o licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) está contida na Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, artigo 2º. De acordo com esta lista, resumidamente ficam sujeitas ao licenciamento com AIA as seguintes atividades:

1. Estradas de rodagem
2. Ferrovias
3. Portos e terminais de minério e produtos químicos
4. Aeroportos
5. Oleodutos, gasodutos e similares
6. Extração de combustíveis fósseis
7. Linhas de transmissão de energia
8. Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos
9. Extração de minério
10. Aterros sanitários
11. Usinas de geração de eletricidade
12. Complexo e unidades Industriais e agro-industriais

13. Distritos industriais
14. Exploração econômica de madeira
15. Projetos urbanísticos acima de 100ha
16. Qualquer atividade que utilize quantidade superior a dez toneladas de carvão vegetal.

De acordo com informações obtidas no site do Daia, as listas utilizadas por este departamento são as contidas nas resoluções Conama 01/86 e 237/97. Com isto, ficam sujeitas ao Licenciamento ambiental com AIA no Estado de São Paulo as seguintes atividades relacionadas aos sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos:

- Aterro de co-disposição – Todos
- Aterro industrial – Todos
- Aterro sanitário, usinas de reciclagem e compostagem com capacidade superior a 25 toneladas ao dia.
- Sistemas de tratamento de resíduos sólidos e de saúde – Todos
- Transbordo de resíduos sólidos, quando se tratar de resíduos industriais e quando se tratar de resíduos domiciliares com capacidade superior a 25 toneladas ao dia.

5.3. PROCEDIMENTOS PARA LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Para o processo de licenciamento no Estado de São Paulo, o empreendimento está sujeito a três tipos de licenças: LP, LI e LO. Para os empreendimentos que necessitam da AIA, é o Daia que emite a licença prévia. Para os casos que não exigem AIA, todo o processo ocorre no âmbito da Cetesb.

5.3.1. Licença prévia

É concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando sua viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.

Alguns empreendimentos estudados neste trabalho foram submetidos à AIA para obter seu licenciamento.

A Resolução Conama 01/86 define os empreendimentos sujeitos ao licenciamento com AIA. Nestes casos, a SMA, mais especificamente o Daia, analisa os estudos ambientais exigidos e emite a LP.

O Daia exige o RAP (Relatório Ambiental Preliminar) e, em determinados casos, o EIA (Estudo de Impacto Ambiental). O RAP consiste em uma avaliação ambiental inicial do local onde se pretende implantar o empreendimento. O EIA é um documento elaborado por uma equipe multidisciplinar e contém uma avaliação ambiental aprofundada do local do empreendimento. Este documento visa determinar a extensão e a intensidade dos impactos ambientais negativos que o empreendimento poderá causar e, se possível, propor modificações para eliminar ou minimizar estes impactos (SÁNCHEZ, 2003).

De acordo com a Resolução SMA 42/94, nos casos enquadrados no artigo 2º da Resolução Conama 01/86, o empreendedor deverá apresentar o RAP ao Daia para análise. No caso de ser fonte de poluição, o requerimento de licença deverá ser encaminhado à Cetesb que fará suas considerações preliminares e o encaminhará para a SMA.

A SMA, através do Daia, irá analisar o RAP. Dependendo do caso, o Daia poderá indeferir o pedido, expedir a LP, ou solicitar a elaboração de EIA/RIMA para uma avaliação mais aprofundada. No caso de exigência de EIA/RIMA, o empreendedor deverá submeter seu Plano de Trabalho para elaboração do EIA/RIMA à SMA. Baseado no Plano de Trabalho, no RAP, e em outras informações contidas no processo, o Daia irá definir o Termo de Referência (TR) e estabelecerá o prazo para elaboração do EIA/RIMA. Após análise do EIA/RIMA, a SMA, poderá emitir ou não a LP.

5.3.2. Licença de Instalação

A Licença de Instalação é o documento expedido pela Cetesb que autoriza a instalação de uma determinada fonte de poluição em um determinado local, desde que atenda às disposições legais..

Na análise da solicitação de Licença de Instalação, além de ter a Licença Prévia, são considerados fatores como critérios ambientais, características do local, diretrizes estaduais e municipais de uso e ocupação do solo, de maneira que, agindo preventivamente, seja evitada a ocorrência de problemas de poluição ambiental no futuro. A Licença de Instalação pode ser expedida com ou sem exigências técnicas, que devem ser cumpridas por ocasião do início de operação da empresa.

Existe uma série de documentos que são necessários para se formalizar o pedido de Licença de Instalação. Destes, foram consultados nos processos na Cetesb:

- Memorial de Caracterização do Empreendimento – MCE
- Disposição física dos equipamentos (*layout*);
- Plantas baixas, de corte e de fachadas;
- Certidão da Prefeitura Municipal, especificando as diretrizes de uso do solo e aprovando a instalação da empresa;
- Certidão do órgão responsável pelo serviço de distribuição de água e coleta de esgotos.

5.3.3. Licença de Operação

A Licença de Operação é o documento que autoriza o início das atividades de determinada fonte de poluição que deve, previamente, ter recebido a Licença de Instalação.

Quando a comprovação do atendimento à(s) exigência(s) técnica(s) exigir o funcionamento ou operação da fonte de poluição para verificação do sistema de controle adotado, pode ser expedida uma Licença de Operação a título precário.

Se as exigências técnicas constantes na Licença de Instalação não estiverem totalmente cumpridas, ou as atividades ou instalações não corresponderem às descritas no MCE, a LO não será expedida.

De toda a documentação necessária para formalizar o pedido de LO, foi consultado para este trabalho o Impresso denominado "Solicitação de" que contém no verso as exigências a serem cumpridas como condição de emissão da LO. Foi pesquisado se dentre as exigências, havia alguma relacionada a revegetação.

5.4. LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATERROS SANITÁRIOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

O licenciamento de aterros sanitários possui algumas particularidades que devem ser destacadas. A partir da Resolução SMA nº 50, de 25 de julho de 1997, foram determinados os documentos necessários para o licenciamento de aterros sanitários a partir da quantidade de resíduos sólidos domésticos recebidos diariamente.

Os aterros projetados para receber quantidade de resíduos igual ou inferior a 10 toneladas por dia e não estiverem localizados em áreas de interesse ambiental ou em quaisquer das situações relacionadas na listagem constante do Anexo da Resolução ficam dispensados de apresentação do RAP, necessitando apenas preencher o MCE. O projeto deve ser elaborado segundo a Norma Cetesb P 4.241. Neste caso, todo o processo de licenciamento é feito na Cetesb.

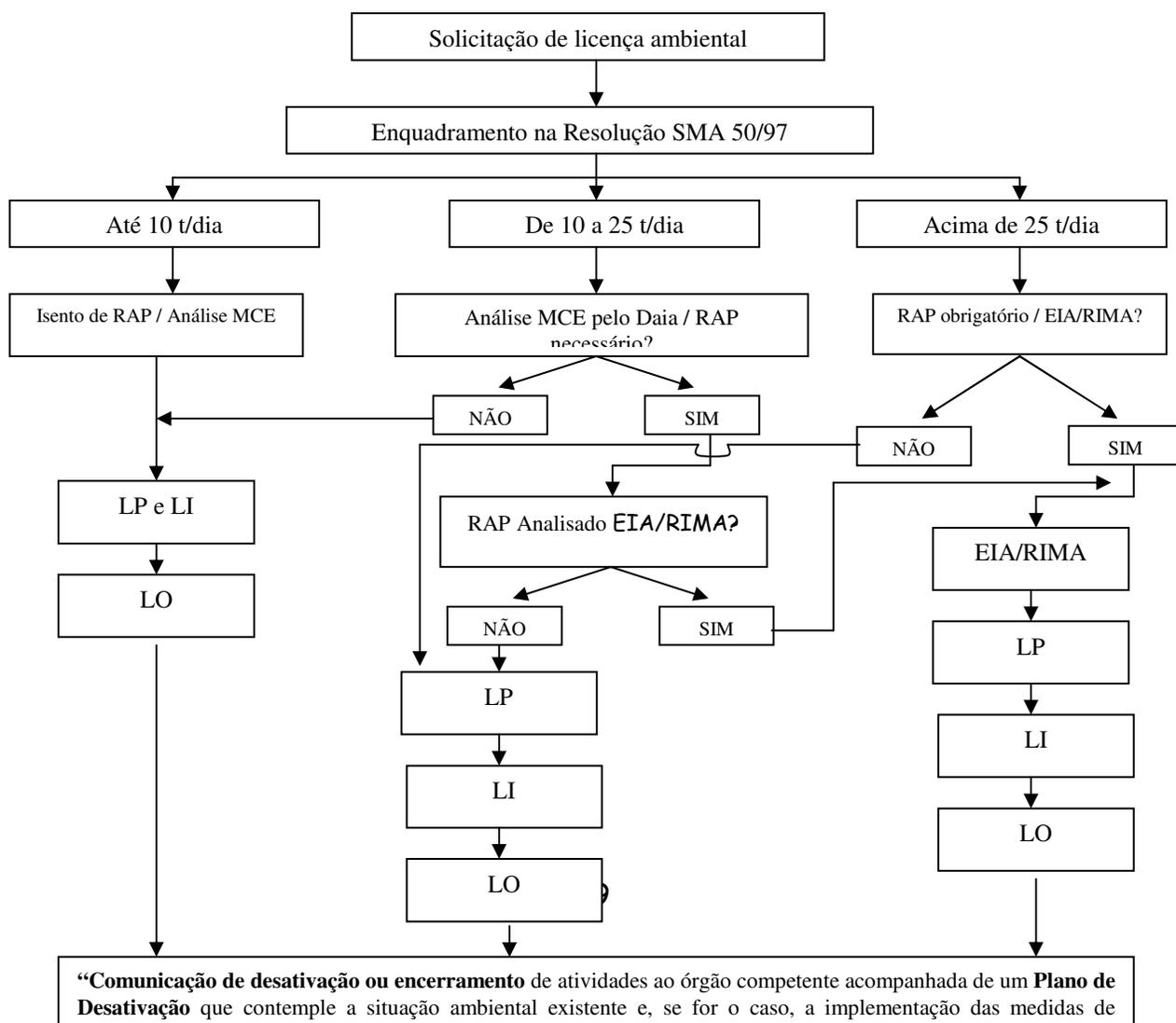
Para aterros projetados para receber entre 10 toneladas por dia e 25 toneladas por dia de resíduos sólidos domésticos, o empreendedor deverá solicitar a licença à Cetesb e o processo, instruído com o MCE, deverá ser enviado à Secretaria do Meio Ambiente para manifestação do Daia quanto à necessidade ou não de elaboração do respectivo RAP. Se houver a necessidade do RAP, o mesmo é elaborado pelo empreendedor, analisado pelo Daia e este emitirá a LP. A LI e LO serão expedidas pela Cetesb. Dependendo da análise do RAP, pode surgir a necessidade de elaboração do EIA/RIMA e o processo pode tomar outro rumo como pode-se verificar no fluxograma abaixo.

Os aterros projetados para operar com quantidades superiores a 25 toneladas por dia estão obrigados à elaboração de RAP para solicitação de Licença Prévia. Neste caso, o Daia irá avaliar a necessidade ou não da elaboração de um EIA. Nesta situação, o Daia também emitirá a LP. A emissão da LI e LO serão de responsabilidade da Cetesb.

De acordo o Decreto Estadual 47.400/02, para que ocorra a desativação de aterros sanitários, deverá ser encaminhado ao órgão competente uma comunicação de desativação ou encerramento da atividade, acompanhada de um Plano de Desativação que contemple a situação ambiental existente e correção de eventuais danos causados.

Abaixo, um fluxograma adaptado de Sánchez (2003) ilustrando o caminho para o licenciamento dos Aterros Sanitários.

Figura 4: Licenciamento de aterros sanitários no Estado de São Paulo



6. ATERROS SANITÁRIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS

6.1. CONDIÇÕES LEGAIS E OPERACIONAIS ATUAIS

O levantamento dos projetos licenciados foi realizado inicialmente através de uma tabela elaborada pela Cetesb contida no CD-rom “Sumário de dados da Região Metropolitana de Campinas” – edição 2002. Após isto, para verificação dos dados, foi realizada a consulta aos processos e MCEs na Cetesb, RAPs no DAIA e EIA/RIMAs na SMA/SP. Foram encontrados erros na tabela da Cetesb, que geraram dificuldades para análise dos licenciamentos. A mesma demonstra na coluna “Lixo (t/dia)” o volume que o aterro sanitário opera atualmente, porém nas colunas “LI” (Licença de Instalação) e “LO” (Licença de Operação) constam os dados do licenciamento referentes ao projeto inicial, cujo volume de operação diária era menor. Desta forma, a tabela dá a impressão que os aterros estão licenciados para trabalharem com a capacidade atual, porém isto não é verdade. Como a proposta desta dissertação é somente trabalhar com aterros licenciados, este detalhe é fundamental para a seleção dos aterros sanitários licenciados.

Após esta análise, os aterros que se enquadram dentro da proposta do trabalho são:
Campinas, Holambra, Paulínia, Vinhedo.

Tabela 2. Resíduos sólidos: produção diária e índice de qualidade de aterros(1) 2000

Enquadramento	Municípios	Quantidade de Lixo Diário (t/dia)	%	IQR (1) 2000
Condições Inadequadas (IQR igual ou menor que 6,0 pontos)	Santo Antônio de Posse	5,9		1,9
	Cosmópolis	17,0		2,8
	Artur Nogueira	12,2		3,3
	Americana	90,8		4,7
	Hortolândia	75,8		5,1
	Sumaré	96,6		5,1
	Subtotal		298,3	23,0
Condições Controladas (IQR maior que 6,0 e inferior a 8,0 pontos)	Pedreira	13,7		6,4
	Campinas	666,3		6,5
	Monte Mor	13,6		7,1
	Santa Bárbara D'Oeste	83,8		7,1
	Subtotal		777,4	61,0
Condições Adequadas (IQR igual ou superior a 8,0 pontos)	Engenheiro Coelho	2,8		8,3
	Valinhos	31,3		8,3
	Itatiba	26,2		8,5
	Indaiatuba	72,3		8,7
	Vinhedo	18,4		8,7
	Paulínia	20,3		8,9
	Holambra	1,6		9,3
	Nova Odessa	16,4		9,3
	Jaguariúna	10,3		9,4
	Subtotal		199,6	16,0
Total		1.275,3	100,0	

Fonte: Emplasa, 2002.

(1)O índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) é um índice abrangente que considera características locais, estruturais e operacionais de cada instalação.

Tabela 3. Resíduos sólidos: municípios da Região Metropolitana de Campinas e a condição de seus aterros e licenciamento

Município	Lixo (t/dia)	Destinação Final Situação-1997	Licenças-2000	
			Instalação	Funcionamento
UGRHI 05⁽¹⁾				
Americana	90,8	Aterro	-	-
Artur Nogueira	12,2	Aterro	Sim	Sim
Campinas	666,3	Aterro	Sim	-
Cosmópolis	17,0	Lixão	Sim	-
Holambra	1,6	At. em Valas	Sim	Sim
Hortolândia	75,8	Aterro	-	-
Indaiatuba	72,3	Lixão	Sim	-
Itatiba	26,2	Aterro	Sim	-
Jaguariúna	10,3	Lixão	Sim	Sim
Monte Mor	13,6	Lixão	Sim	Sim
Nova Odessa	16,4	Aterro	-	-
Paulínia	20,3	At. Controlado	Sim	Sim
Pedreira	13,7	Aterro	Sim	-
Santa Bárbara d'Oeste	83,8	Aterro	Sim	Sim
Santo Antônio de Posse	5,9	Lixão	Sim	-
Sumaré	96,6	Lixão	-	-
Valinhos	31,3	Aterro	Sim	Sim
Vinhedo	18,4	Aterro	Sim	Sim
UGRHI 09⁽²⁾				
Engenheiro Coelho	2,8	Lixão	Sim	-
Total	1.275,3			

(1) UGRHI 05 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos-05; compreende as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

(2) UGRHI 09 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos-09; compreende a bacia do rio Mogi-Guaçu.

Lixão: Simples descarga de resíduos no solo / Aterro: Aterro sanitário

Aterro controlado: Simples descarga de resíduos no solo com cobertura de material inerte

Fonte: adaptado de Emplasa, 2002.

6.2. PLANOS DE REVEGETAÇÃO CONSIDERADOS NOS EIAs E RAPs

O exame dos EIAs, RAPs e MCEs e as visitas técnicas realizadas apresentam o seguinte quadro: revegetação em áreas de preservação permanente que estão contidas na área de abrangência do aterro com mudas de eucalipto e árvores nativas; viveiros de produção de mudas no próprio local; além da chamada “cortina vegetal”, que é a plantação de eucalipto e mata nativa ao redor do aterro com o objetivo de reduzir o impacto visual associado ao processo de disposição de resíduos sólidos, atenuar emissão de poeiras e gases odoríferos e abatimento de ruídos.

Não são previstos planos de encerramento detalhados ou projetos para uso futuro da área, sendo apenas indicadas sugestões. Nas entrevistas com os responsáveis pelos aterros de Campinas, Paulínia e Vinhedo foi sugerido para uso futuro projetar uma área de lazer com quadras poliesportivas e áreas verdes para a população. Porém, todos admitiram não ser possível plantar árvores nas células do aterro. O engenheiro responsável pela área de resíduos sólidos da Cetesb Campinas afirmou em entrevista que apenas exige como revegetação para área do aterro gramínea, em especial braquiária, e seu uso pode ser para pastagens, sendo desnecessários projetos de uso futuro nos casos de operação normal do aterro. A revisão bibliográfica revelou que as abordagens acima descritas são as classicamente adotadas. Porém, existem trabalhos atuais que admitem a possibilidade de plantar árvores sobre as células do aterro desde que certas condições sejam seguidas no plano de encerramento.

6.2.1. Aterro sanitário de Paulínia

O aterro sanitário de Paulínia (foto 3) é de administração privada. A empresa responsável é a ESTRE – Empresa de Saneamento e Tratamento de Resíduos Ltda. Este aterro localiza-se na porção oeste do Município de Paulínia, próximo da divisa com o município de Sumaré. Possui a área de 705.000 m². O empreendimento está projetado para recepção e disposição final de resíduos sólidos domiciliares e industriais, classes I, II e III, conforme

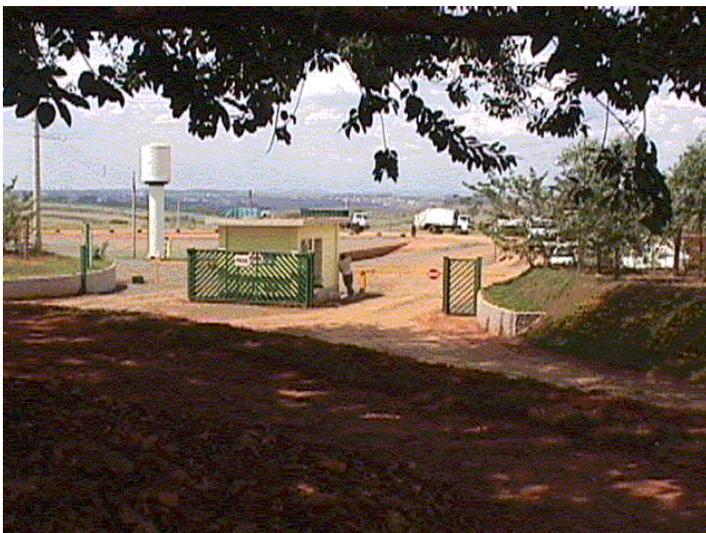


Foto 3: Portaria do aterro de Paulínia

classificação da NBR 10004 (ABNT, 1987), gerados nos municípios (poder público) e por empresas privadas (comércio e indústrias).

Este empreendimento recebe mais de 100 t/dia e, desta forma, para obter suas licenças (LI e LO) foi necessário apresentar o EIA/RIMA aos órgãos competentes. No exame do EIA/RIMA constatou-se que apresenta a administração convencional de um aterro

sanitário. No tópico “Revegetação”, propõe apenas a cobertura com gramíneas e árvores ao redor, sem fornecer detalhes sobre técnicas de plantio, áreas, espécies, etc. Na seção “Uso Futuro”, sugerem planejamento de área de lazer.

Na visita técnica a este aterro, foi constatado que estão recuperando a mata nativa existente ao redor do aterro. O objetivo é alcançar 30%, ou seja, plantio de 22 mil mudas nativas. Além do plantio, possuem viveiros para o cultivo destas mudas (foto 4). Possuem funcionários contratados somente para



Foto 4: Viveiros para o cultivo de mudas na Estre

esta função.

Possuem uma central de triagem de material reciclável, cujos resíduos provêm do município de Valinhos e já chegam separados. É necessário destacar que do município de Valinhos provêm somente os resíduos recicláveis.

Segundo o responsável pelo aterro, a prefeitura de Paulínia já iniciou uma campanha incentivando a população a separar em casa os resíduos orgânicos dos recicláveis. Os funcionários desta central de triagem são pessoas carentes de Paulínia organizados na forma de cooperativa.

Em termos de proteção ambiental, o empreendimento possui:

- ✓ Camada de impermeabilização de base, com a utilização de manta de polietileno de alta densidade – PEAD, de 2mm de espessura (foto 5);



Foto 5: Camada de impermeabilização de base

- ✓ Sistema de drenagem de líquidos percolados, com a aplicação de mantas de geotexteis, britas e tubos de PEAD;

- ✓ Sistema de drenagem de gases, com a aplicação dos mesmos materiais acima citados;
- ✓ Sistema de drenagem de águas pluviais (foto 6), com a construção de canaletas de concreto e estruturas flexíveis com utilização de gabiões nos dispositivos de vazão, sedimentação e dissipação das águas;

Foto 6: Sistemas de drenagem de águas pluviais



- ✓ Controle de admissão de resíduos sólidos;
- ✓ Armazenamento de líquidos percolados para posterior transporte (foto 7) e tratamento em estação de tratamento de esgoto;



Foto 7: Armazenamento de líquidos percolados

- ✓ Cinturão verde ao redor do aterro composto principalmente por eucaliptos;
- ✓ Caminhões-pipa passam periodicamente pelas vias de acesso de terra jogando água no solo para evitar levantar muita poeira.
- ✓ Monitoramento do maciço, da vegetação, da fauna, dos gases e das águas superficiais e subterrâneas (foto 8).



Foto 8: Ponto de monitoramento de águas subterrâneas

6.2.2. Aterro sanitário de Campinas

O aterro sanitário de Campinas ou Complexo Delta é de administração pública e municipal. É operado pela empresa Ecocamp e administrado pela prefeitura municipal. Este aterro localiza-se na porção sudeste do município de Campinas, no bairro Jardim Campo Grande. O empreendimento está projetado para recepção e disposição final de resíduos sólidos domiciliares, classe II, e resíduos perigosos, classe I, conforme classificação da NBR 10004 (ABNT, 1987), gerados no município.

Este empreendimento, por receber mais de 100 t/dia, foi obrigado a apresentar o EIA/RIMA aos órgãos competentes para receber seu licenciamento (LI e LO). Possuem a licença de Instalação e de Operação. Para obtenção da Licença de Operação, o processo foi longo, pois a mesma estava vinculada à recuperação dos aterros da Pirelli e Santa Bárbara (aterros sanitários de Campinas que funcionavam antes da elaboração do complexo Delta e que atualmente encontram-se desativados). A operação do aterro foi concedida à empresa Ecocamp mediante o compromisso da mesma em recuperar estes aterros. Por ser grande a despesa para recuperação e monitoramento destas áreas, a empresa demorou a cumprir sua parte no contrato e isto impedia o aterro atual a receber a LO. Muito recentemente foi concedida a LO.

No exame do EIA/RIMA foi constatado que se trata de um aterro sanitário convencional. Não foi exigido plano prévio de fechamento. Para o fechamento do está previsto a implantação de um parque voltado para recreação e lazer, uma vez concluído o aterro e verificado por meio de sistema de monitoramento a possibilidade de recebimento de público. A função de parque deverá ser devidamente estudada e detalhada somente após o fechamento. É prevista a revegetação de áreas de remanescente florestal e entorno. A cobertura final será feita com terra e gramínea. Quanto ao plano de fechamento do lixão Santa Bárbara, foi exigido somente cobertura com grama (0,60m de terra e gramíneas) e cinturão de árvores ao redor para isolamento.

Na visita técnica deste aterro, foi constatado que estão recuperando a mata nativa existente no entorno do aterro (foto 9). Existe plantio de eucaliptos e espécies nativas. Possuem viveiros (foto 10) para o cultivo destas mudas no próprio aterro. Possuem também um bolsão de preservação (foto 11) com animais para monitoramento. Este bolsão está localizado próximo ao escritório da administração. É formado por um lago com peixes, patos e gansos. Ao redor deste lago são criados galinhas, cabras e cães. A presença destes animais permite um zoomonitoramento (monitoramento da qualidade da água através da observação destes animais). Esta área é protegida por grade e somente alguns funcionários têm permissão para entrar. Se ocorrer a morte de algum animal, o mesmo é encaminhado para necropsia a fim de se averiguar se a causa da morte está relacionada com alguma contaminação provocada pelo ambiente do aterro.



Foto 9: Área revegetada no aterro de Campinas

Foto 10: Viveiro no aterro de Campinas



Foto 11: Lagoa de zoomonitoramento

Em termos de proteção ambiental possuem:

- ✓ Camada de impermeabilização de base, com a utilização de manta de polietileno de alta densidade – PEAD, na parte mais nova do aterro e camada argila na parte mais antiga;
- ✓ Sistema de drenagem de líquidos percolados, com a aplicação de britas;
- ✓ Sistema de drenagem dos gases e queima, com a aplicação dos mesmos materiais acima citados;
- ✓ Sistema de drenagem de águas pluviais, com a construção de canaletas de concreto e estruturas flexíveis com utilização de gabiões nos dispositivos de vazão, sedimentação e dissipação das águas;
- ✓ Sistema de tratamento biológico de líquidos percolados no próprio aterro (foto 12);



Foto 12: Sistema de tratamento biológico

- ✓ Controle de admissão de resíduos sólidos;
- ✓ Cinturão verde ao redor do aterro composto principalmente por eucaliptos;

- ✓ Monitoramento do maciço, da vegetação, da fauna, dos gases e das águas superficiais e subterrâneas (foto 13).



Foto 13: Ponto de monitoramento de águas subterrâneas

- ✓ Caminhões-pipa passam periodicamente pelas vias de acesso de terra jogando água no solo para reduzir a emissão de poeira.

6.2.3. Aterro sanitário de Vinhedo

O município de Vinhedo não possui aterro sanitário. Seus resíduos sólidos domiciliares são encaminhados para o aterro sanitário de Várzea Paulista. Este aterro sanitário é de administração e operação públicas. Está estruturado na forma de um consórcio que envolve os municípios de Jundiaí, Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista, Louveira, Vinhedo e Cajamar. Possui um estatuto próprio. Um dos prefeitos dos municípios participantes é eleito presidente e outro é eleito vice. Abaixo deles está o Diretor Executivo. Subordinados ao Diretor Executivo, estão os responsáveis pelas áreas técnica (engenheiro responsável pelas operações) e administrativa. A sede administrativa localiza-se no Município de Jundiaí e a sede operacional em Várzea Paulista. São registradas as quantidades de resíduos que cada município deposita no aterro e ao final do mês, as despesas são rateadas entre os membros do consórcio

proporcionalmente à quantidade de resíduos depositados. Este tipo de consórcio é pioneiro na área de aterro sanitário.

Em termos legais, este aterro possui LI e LO. Por operar com menos de 25 t/dia não apresentou EIA/RIMA, apenas MCE. Suas atividades foram iniciadas em 1987 e foi fechado pela Cetesb em 2000, pois acreditavam que não havia mais espaço para disposição de resíduos. Em fevereiro de 2004 foi elaborado um TAC (Termo de Ajuste de Conduta) para funcionamento por mais 18 meses. Neste TAC está prevista a entrega para a comunidade de um parque comunitário com áreas verdes e quadras poliesportivas.

Este projeto foi elaborado por uma empresa privada e o plano de fechamento está dividido em 3 fases:

Fase 1: Implantação do Parque

- Isolamento da área
- Implantação de áreas de lazer
- Acesso exclusivo e independente com portaria
- Instalações sanitárias
- Recomposição vegetal e paisagística

Fase 2: Ampliação do Parque Comunitário

- Implantação de barreira vegetal
- Ampliação da área de isolamento

- Quadra de futebol
- Implantação de barreira vegetal no limite de entorno do aterro

Fase 3: Reintegração ou finalização da área

- Pavimentação de ruas periféricas
- Utilização integral da área do aterro reurbanizada

Apesar do projeto estar bem detalhado, com etapas definidas, cronograma, planilha de custos, as obras no aterro são lentas por falta verbas, segundo responsável pela área técnica.

Em visita técnica foram constatados os seguintes mecanismos de proteção ambiental:

- ✓ Camada de impermeabilização de base, com a utilização de manta de polietileno de alta densidade – PEAD, na parte mais nova do aterro e camada argila na parte mais antiga;
- ✓ Sistemas de drenagem de líquidos percolados, com a aplicação de britas e cacos de cerâmica que são doados pelas empresas da região;
- ✓ Sistemas de drenagem de gases, com a aplicação dos mesmos materiais acima citados;
- ✓ Sistemas de drenagem de águas pluviais, com a construção de canaletas de concreto;
- ✓ Controle de admissão de resíduos sólidos;
- ✓ Tratamento de líquidos percolados pelo método de recirculação; o excedente é armazenado para posterior transporte e tratamento em estação de tratamento de esgoto;

- ✓ Caminhões-pipa passam periodicamente pelas vias de acesso de terra jogando água no solo para evitar levantar muita poeira.
- ✓ Monitoramento do maciço, da vegetação, dos gases e das águas superficiais e subterrâneas.

6.2.4. Aterro sanitário de Holambra

O aterro sanitário de Holambra está localizado no município de Holambra. Como recebe menos de 25 t/dia , possui apenas MCE. Em termos legais, possui as licenças de Instalação e Operação. É um aterro em vala simples, não possui plano de fechamento e administração convencional de aterro sanitário. Não foi concedida a autorização para visita técnica. Desta forma, não foi possível constar na prática o que se tem realizado em termos de revegetação. Este aterro já foi desativado.

A partir da tabela 4, pode-se verificar uma comparação dos sistemas de proteção ambiental encontrados nos aterros licenciados deste estudo.

Tabela 4. Comparativo dos sistemas de proteção ambiental encontrados nos aterros licenciados deste estudo

SISTEMA	Holambra	Campinas	Paulínia	Vinhedo
Tratamento de base ou impermeabilização de fundação	NV	P	P	P
Drenagem de chorume	NV	P	P	P
Tratamento de chorume	NV	P	A	A
Coleta dos gases	NV	P	P	P
Tratamento dos gases	NV	A	A	A
Drenagem de águas pluviais	NV	P	P	P
Monitoramento de águas superficiais	NV	P	P	P
Monitoramento de águas subterrâneas	NV	P	P	P
Monitoramento de percolados	NV	P	P	P
Monitoramento da emissão de gases	NV	P	P	P
Monitoramento da massa de resíduos	NV	P	P	P
Estabelecimento de um plano de encerramento	NV	P	P	P
Revegetação	NV	P	P	A

Legenda:

P = Presente

A = Ausente

NV = Não verificado por não ser permitida a visita

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base no trabalho desenvolvido, temos como resultado a tabela 5.

Tabela 5. Sistemas de proteção ambiental encontrados nos aterros licenciados na região Metropolitana de Campinas

SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	RESULTADOS OBTIDOS
Tratamento de base ou impermeabilização de fundação	Todos possuem a implantação de manta de PEAD
Drenagem de chorume	Todos possuem
Tratamento de chorume	Somente o aterro de Campinas trata o chorume nas dependências do aterro. Os outros encaminha-no para ETÉs
Coleta dos gases	Todos possuem
Tratamento dos gases	O único tratamento dado é a queima do gás
Drenagem de águas pluviais	Todos possuem
Monitoramento de águas superficiais	Todos possuem
Monitoramento de águas subterrâneas	Todos possuem
Monitoramento de percolados	Todos possuem
Monitoramento da emissão de gases	Todos possuem
Monitoramento da massa de resíduos	Todos possuem
Estabelecimento de um plano de encerramento	O único aterro que possui um plano definido é o aterro do consórcio do qual Vinhedo participa. Os outros possuem planos vagos.
Revegetação	A revegetação está concentrada ao entorno, sem grandes planejamentos.

✓ ESTABELECIMENTO DE UM PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO

Na legislação estadual existe, a partir de 2004, a exigência de um documento que solicita um plano de encerramento dos aterros sanitários. Após o encerramento, exige-se o monitoramento. Durante todo o processo de licenciamento não existe uma exigência com relação ao plano de uso futuro da área do aterro.

Com relação à elaboração do plano de uso futuro, os engenheiros responsáveis pela operação dos aterros sanitários da região metropolitana de Campinas, de modo geral, afirmaram nas entrevistas que é difícil prever o uso futuro de uma área que levará 20 ou 30 anos para ser disponibilizada (tempo médio de vida dos aterros atualmente projetados).

Pode-se verificar, de acordo com a literatura consultada e trabalhos acadêmicos realizados, que a área dos aterros tem seu uso limitado. Sabe-se que existe a impossibilidade de construção sobre as células, já que a matéria orgânica em decomposição acaba por gerar vãos no subsolo e isto gera instabilidade nos taludes. A formação de gases é outra restrição para a construção pois gera o risco de explosão em áreas fechadas.

As alternativas para o uso futuro são, portanto, limitadas. De modo geral, a área do aterro pode ser transformada em uma área verde. Esta área verde pode ser utilizada para os mais diversos fins tais como preservação ambiental e lazer, dependendo das condições locais.

✓ REVEGETAÇÃO

Quando se fala de revegetação nos aterros sanitários da região metropolitana de Campinas, fala-se do plantio de árvores apenas no entorno e de gramíneas nas células. Os responsáveis pela administração não admitem a possibilidade de plantio de árvores nas células do aterro.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

✓ ESTABELECIMENTO DE UM PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO

Com relação aos órgãos e a legislação vigente, pode-se concluir que:

- A legislação está muito focada no aspecto operacional, durante a vida do aterro até seu encerramento.

Recomendação: Deveriam gerar novas recomendações legais no sentido de incentivar a criação de áreas verdes.

Considerando o aterro sanitário como uma área previamente preparada, com todas as medidas de engenharia que visam a proteção ambiental necessária para garantir o menor impacto possível ao meio ambiente, pode-se perceber que:

- As áreas ocupadas pelos aterros sanitários podem ser utilizadas genericamente para fins de geração de áreas verdes, sendo estas voltadas à conservação ambiental, lazer, entre outros.

Recomendação 1: No caso de se implementar áreas de lazer, sugere-se que poderiam ser formadas áreas verdes conjugando vegetais e infra-estrutura para receber a população. Isto envolveria a implantação de um bosque e caminhos para corrida e caminhadas, banheiros, quadra poliesportiva e quiosques, entre outros.

Recomendação 2: O aterro sanitário deve possuir um plano claro de operação e fechamento, que conduza a área para uma finalização que contemple o futuro uso da área, sua reintegração à paisagem, seu aproveitamento para outros fins. Obviamente, esta reintegração não garante o retorno da área para as mesmas condições que ela possuía anteriormente, e sim, a deixa apta para novos usos. Destaca-se que o plano uso futuro não precisa, necessariamente, estar definido em todos os detalhes. Deve apenas ter um esboço geral de modo que direcione o plano de fechamento.

✓ REVEGETAÇÃO

Com relação ao que foi dito sobre o plantio de espécies vegetais no aterro, conclui-se que:

- O plantio deveria ser planejado, envolvendo não só gramíneas, mas também espécies arbóreas e arbustivas. Deve-se deixar claro que plantar gramíneas não é reintegrar à paisagem, e muito menos devolver a área ocupada pelo aterro à população. O plantio de gramíneas é capaz, apenas, de proteger a superfície do terreno da ação dos agentes intempéricos – ventos e chuvas.

Recomendação 1: A revegetação deve ser global, envolvendo outras áreas do aterro além de seu entorno como indicam alguns pesquisadores citados neste trabalho.

Recomendação 2: A direção da operação e o objetivo do monitoramento dos taludes, da água superficial, dos gases e percolados durante a operação e após o encerramento das atividades, deveria ser o de detectar as reais condições da área quanto ao plantio de espécies arbóreas e arbustivas, pois esta seria a medida mais indicada para reabilitá-la e reintegrá-la à paisagem. Constatando as deficiências, técnicas agrícolas poderiam ser aplicadas ao solo para corrigí-lo.

Recomendação 3: Não são recomendadas árvores frutíferas pois as mesmas podem contaminar-se e gerar frutos contaminados, que prejudicariam a população e a fauna.

Mesmo com todas estas recomendações, ainda restam perguntas sem resposta. Pode-se plantar árvores até mesmo nas células, mas as pessoas podem frequentar o local de maneira segura? Quando se pode entregar a área de volta a população? Faltam análises técnicas para dar diretrizes para projetos de reintegração à paisagem e entregar a área para a população. Isto dificulta a implantação de um projeto de uso futuro. Recomenda-se o desenvolvimento de linhas de pesquisa que busquem identificar quando a área está totalmente segura para a população. Dentre as diversas linhas, a medição dos níveis de emissão de gases, toxicidade do solo e acomodação dos taludes ao longo do tempo, identificando o nível de redução e gerando uma previsão de ocupação segura por parte da população seria uma prioridade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1987. NBR 10004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2004. NBR 10004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1989. NBR 10703.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1995. NBR 6502.

ACCIOLY, A. M. A. & SIQUIERA, J. O. (2000). **Contaminação química e biorremediação do solo**. Tópicos em ciência do solo – V 1 – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG.

ANDRADE, J. C da Mata e. (2000). **Vegetação em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso do aterro Santo Amaro, São Paulo**. Dissertação (MSc. em Engenharia Civil). Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BANCO MUNDIAL (1994). **Libro de consulta para evaluación ambiental – Volumen 2: Lineamientos sectoriales**. Washington, D.C.: Banco Mundial. p. 207-221.

BARTH, R. C. (1989). Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. **Boletim técnico nº 1 de 1989**. Sociedade de Investigações Florestais, Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa e Instituto Brasileiro de Mineração. Viçosa, MG.

BITAR, O. Y. (1997). **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. TESE (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

BUNTING, B. T. (1971). **Geografia do solo**. Rio de Janeiro, Zahar editores. 257p.

CETESB (2002). **Lixo doméstico está mais adequado no Estado de São Paulo em 2000**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_inventario.htm Acesso em: 15/04/2002.

CETESB (2001). **Diretoria de Controle de Poluição Ambiental. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Relatório Síntese, Volume I, Jan/2001. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 15/04/2002.

CETESB. (2003). **Licenciamento ambiental no Estado de São Paulo**. Disponível em www.Cetesb.gov.sp.br. Acessado em 09/2003.

COOKSON, J. T. (1995). **Bioremediation engineering: design and application**. McGraw-Hill.

DECISION, S. R. L. (1982). **Características e criterios para el análisis del suelo e la vegetación de cobertura en áreas de rellenos sanitarios** (documento de trabajo) Buenos Aires: Decisión. 92p.

DIAS, E. G. C. da S. (2001). **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento.** Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo, São Paulo. 283p.

EMPLASA (2002). **Sumário de dados da Região Metropolitana de Campinas 2002.** São Paulo: Emplasa. Base de dados em CD-Rom.

FEAM. (1995). **Lixo? Como destinar os resíduos sólidos urbanos.** Belo Horizonte, Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais. 45p.

HEITZMANN Jr., J. F. (1999). **Alterações na composição do solo nas proximidades de depósitos de resíduos domésticos na bacia do Rio Piracicaba, SP, Brasil.** Série síntese de tese, Tese nº 9. São Paulo: ABGE.

IPT/CEMPRE (2000). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2ª Ed. São Paulo: IPT/CEMPRE.

MAJER, J. D. (1989). Fauna Studies and land reclamation technology: a review of the history and need for such studies. In: Animals in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands, J. D. Majer, coordinator. London, Cambridge University Press.

MÃOS NA TERRA ESTAÇÃO DE VIVÊNCIA AMBIENTAL (2002). Projeto de aterro sanitário em áreas novas. Disponível em www.mãosnaterra.com.br/textosouaterrosanitario.htm. Acessado em 29/04/03.

MASCHIO, L. M. de A.; RACHWAI, M. F. G.; CURCIO, G.; BALENCIEFER, M. MONTOYA, L. (1992). Evolução, Estágio e Caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas

no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO BRASIL, Curitiba, **Anais**, p. 17-33.

SÁNCHEZ, L. E. & DIAS, E. G. (2003). **Avaliação de Impacto Ambiental**. Atual-Tec / CECAE USP.

SÁNCHEZ, L. E. (1998). **A desativação de empreendimentos industriais – Um estudo sobre o passivo ambiental**. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SARDINIA, 97, SIXTH INTERNATIONAL LANDFILL SYMPOSIUM, 1997, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy. **Proceedings: LASSINI, P. BALLARDINI, P. et. al. (1997). Establishment of complex ecosystems on closed landfills: five years of biological monitoring.** p. 327-334.

SEIXAS, B. L. S. (1985) **Fundamentos do manejo e da conservação do solo**. Bahia, UFBA editora. 275p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H; VIRGIL, S. (1993). **Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill. p. 778-790.

THE 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WASTE DISPOSAL, 1997, Bahia, Brasil. **Proceedings: GANDOLLA, M., FISCHER, C., ACAIA, C. (1997). Environmental impact and monitoring of sanitary landfills.**

TOMÉ JR., J. B. (1997). **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba/RS: Livraria e Editora Agropecuária LTDA. 247p.

UNIVERSIDADE DO VALE. (2004). Apostila de Solos. Disponível em: <http://www.cttmar.univali.br/~geotecnia/Solos/Apostila/CAPITULO%202.pdf>. Acesso em: 15/05/2004

WILIAMS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. (1990). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, IBAMA.

ABSTRACT

Nowadays, the most applied solutions for the final disposition of domestic solid residues in Brazil are the sanitary embankments, although still many places exist where the residues are willing of inadequate form.

In agreement with the inventory of Cetesb (Company of Technology of Environmental Sanitation), the disposition of solid residues in the State of São Paulo has been getting better, and 75% of the embankments of residues of the Metropolitan Area of Campinas - inclusion of this study - they are in controlled conditions or appropriate.

This research had for objective to study the procedures proposed for environmental recovery of licensed projects of the Metropolitan Area of Campinas, with focus in the revegetation, to compare these procedures with the recommendations of the literature and to suggest measures to contribute to perfect these procedures. The used methodology was the “case study”.

The recovery is necessary so that she can use the areas for other ends. The emphasis of this work is in the recovery through the revegetation, because great restrictions exist regarding the use of the areas for constructions.

The information for the development of this work were collected in the environmental studies regarding the licensed projects of available sanitary embankments in Cetesb and General office of the Environment of São Paulo. They were lifted up the licensed projects in the last 10 years in the Metropolitan Area of Campinas.

Besides, it was made a bibliographical revision approaching the recovery of degraded areas, juridical and administrative instruments applied to the licensing of sanitary embankments, besides the accomplishment of technical visits.

For the defined criteria in this work, the sanitary embankments of Campinas, Holambra, Paulínia and Vineyard were framed.

The exam of EIAs, RAPs, MCEs, and the accomplished technical visits revealed the following picture: revegetation in areas of permanent preservation placed close to the embankments with seedlings of eucalyptuses and native trees; nurseries of production of seedlings in the own place; he/she "curtains vegetable" tends main function the one of reducing the visual impact associated to the process of disposition of solid residues.

Detailed closing plans or projects are not foreseen for future use in the areas, being suitable just suggestions. The responsible environmental organs for the licensing don't demand the presentation of projects of future use in the normal cases of operation of the embankments, just gram as revegetation. In bibliographical revision, it was verified that the approaches above described are the classically adopted. In the literature, however, they are works that admit the possibility to plant trees on the cells of the embankments, since certain conditions are assisted in the closing plans.

As a result of this work, it was systematized the information on the revegetation in sanitary embankments proposed by the literature and used them in practice of the embankments of the metropolitan area of Campinas. They were lifted up, also, the legal aspects related to the theme in the State of São Paulo. In the conclusion, it was made the analysis of the procedures now proposed, identified the inadequate procedures and suggested improvements.

Key-word: Environmental recovery, Embankment Sanitary, Reforestation, Future Use, Metropolitan Area of Campinas